Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUM DIMENSIONSVERHALTEN DES KRONENRANDES IN ABHÄNGIGKEIT VON DER MODELLATIONSTECHNIK UND DER RANDMODELLATION

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Andreas Köcher
aus
Nagold

1977

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41523712_0073

Aus der Abteilung für Zahnärztliche Prothetik
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. E. Körber
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Universität Tübingen

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ZUM DIMENSIONSVERHALTEN DES KRONENRANDES IN ABHÄNGIGKEIT VON DER MODELLATIONSTECHNIK UND DER RANDMODELLATION

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde

dem Fachbereich Klinische Medizin
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von
Andreas Köcher
aus
Nagold

1977

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Prof. Dr. H.-E. Hoffmeister

Berichterstatter: Prof. Dr. E. Körber

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
I)	Einleitung	1
II)	Literaturübersicht	3
	II.1. Nachuntersuchungen	3
	II.2. Gestaltung des Kronenrandes	5
	II.3. Bisherige Untersuchungen zur Kronenherstellung	7
	II.3.1. Präparation	8
	II.3.2. Abdruck	9
	II.3.3. Modellherstellung	11
	II.3.4. Stumpfherstellung	11
	II.3.5. Wachs	12
	- Technik der Kronenrandmodellation	13
	- Entspannung der modellierten Wachskrone	13
	II.3.6. Einbettmasse	14
	II.3.7. Gußtechnik	15
	II.3.8. Aufzementieren der Krone	16
	II.3.9. Meßmethoden	17
	- Klinische Meßmethoden	17
	- Meßmethoden für Laborversuche	18
III)	Material und Methoden	19
	III.1. Vorbemerkung	19
	III.2. Zähne	19
	III.3. Präparation der Frasacozähne	20
	III.4. Abdruck	20
	III.5. Zahntechnische Arbeitsgänge	22
	III.5.1. Modellherstellung und Beschleifen der Stümpfe	22
	III.5.2. Modellationstechniken	22
	- Versuchsreihen 10 und 11	22
	- Versuchsreihen 20 und 21	25
	- Versuchsreihen 30 und 31	27

Seite

III.5.3. Einbetten der Wachskrone 29
III.5.4. Vorwärmen und Gießen 30
III.5.5. Ausbetten des Gusses 30
III.6. Aufzementieren der Krone 30
III.7. Vermeßung des Randspaltes 31
III.7.1. Modifizierte eigene Meßmethode 31
- Einbetten der Krone in Epoxydharz 31
- Zersägen der eingebetteten Kronen 32
- Herstellung der Planschliffe 32
- Vermessen der Planschliffe 34
III.8. Statistik 37

IV) Ergebnisse 39
IV.1. Überprüfung des Gusses auf Brauchbarkeit 41
IV.2. Vermessung des Randspaltes 42
IV.3. Statistische Auswertung der ermittelten Meßwerte 44
IV.3.1. Berechnung des Mittelwertes von jeder Einzelkrone einer Versuchsreihe 45
IV.3.2. Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung von allen Kronen einer Versuchsreihe 48
IV.3.3. Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung für jeden Meßpunkt aller 10 Kronen einer Versuchsreihe 50
IV.3.4. Relative Häufigkeitsverteilung mit Originalhistogramm 59
IV.3.5. Varianzanalyse 67

V) Diskussion 70
V.1. Ergebnisse 70
V.2. Schlußfolgerung 73
VI) Zusammenfassung 74
VII) Literaturverzeichnis 77

I) Einleitung

Bei der Eingliederung von Kronen- und Brückenersatz zur Wiederherstellung der Funktion des einzelnen Zahnes und des Kauorganes richtet sich das Hauptaugenmerk:

1) auf die Erzielung einer ausgeglichenen Artikulation und Okklusion

2) auf ausreichende Kontaktpunkte

3) auf präzisen Randschluß

Daß diesen Forderungen oft nicht Genüge geleistet wird, zeigen die häufig auftretenden Veränderungen am marginalen Parodontium nach Eingliederung von Kronen oder Brücken. Hauptsächlich auf mangelhaften cervikalen Randschluß sind diese Reizerscheinungen zurückzuführen.

Diese Abhängigkeit der parodontalen Schäden vom cervikalen Randschluß wurde von SCHULZE (57) und KETTERL (31) durch sorgfältige Nachuntersuchungen bestätigt. Weiter ergaben histologische Untersuchungen von K.GREWE (24), daß bei einwandfreiem Randschluß eine Schädigung des marginalen Parodontiums nicht zu erwarten ist.

Die Frage, welche Faktoren für den ungenügenden Randschluß maßgeblich verantwortlich sind, muß gestellt werden.
Nach EINFELDT (16) ist diese klinische Ungenauigkeit eindeutig auf menschliches Versagen und weniger auf ungenügen-

des Material zurückzuführen. Oftmals besteht eine mangelhafte Zusammenarbeit zwischen Zahnarzt und Zahntechniker.

Die Aufgabe dieser Arbeit besteht darin, festzustellen, inwieweit die klinische Genauigkeit des Kronenrandes von der Modellationstechnik und der Randmodellation beeinflußt wird.

II) Literaturübersicht

II.1. Nachuntersuchungen

Es liegt eine umfangreiche Literatur vor, in der die Abhängigkeit der Veränderungen am marginalen Parodontium von der Qualität des Kronenrandes untersucht wurden.

Histologische Untersuchungen von K.GREWE (24) ergaben, daß bei einwandfrei anliegenden Kronenrändern keine Schädigung des marginalen Parodontiums zu erwarten ist. Dies wurde durch Arbeiten von N.BRILL (3) bestätigt.

Aus sorgfältigen Nachuntersuchungen von Patienten mit Kronen- und Brückenersatz von C.SCHULZE (57) und W.KETTERL (31) läßt sich der schädigende Einfluß eines mangelhaften cervikalen Randschlusses auf den Gingivalrand entnehmen.

Von E.KÖRBER (32) wird durch umfangreiche Nachuntersuchungen aus jüngster Zeit bestätigt, daß bei abstehenden Kronenrändern deutlich häufiger Entzündungen am marginalen Parodontium hervorgerufen werden als bei anliegenden Kronenrändern, wobei abstehende Vollgußkronen einen größeren Reizfaktor auf das Zahnfleisch darstellen wie Ringbandkronen. Von 178 nachkontrollierten Vollgußkronen hatten 64 einen fehlerhaften Randschluß.

G.HÜTTNER (27)der an 108 Patienten 558 Kronen nachuntersuchte, kommt zu einem ähnlichen Ergebnis. Er fand bei 80% der Kronen mit technischen Mängeln Veränderungen am Parodontium

vor. 33,6% aller Kronen hatten abstehende Kronenränder.

In der Arbeit von K.FUHR, G.SIEBERT, G.CLÜSSERATH (20) stimmen sie mit den Ergebnissen früherer Nachuntersuchungen überein, daß abstehende Kronenränder in fast allen Fällen zu pathologischen Veränderungen am Zahnfleisch führen. Bei 41 Kronen mit nicht anliegenden Kronenrändern waren bei 39 Zähnen pathologische Veränderungen am marginalen Parodontium nachweisbar.

In ihrer statistischen Feststellung über fehlerhafte Kronengestaltung und deren Folgen fanden H.P.GROPP und R.SCHWINDLING (25) bei 320 Kronen nur 5% einwandfreie Kronen. Bei 88% aller Kronen lag kein exakter Randschluß vor. Aus ihren Untersuchungen geht hervor, daß die pathologischen Erscheinungen im Bereich des marginalen Parodontiums um so stärker sind, je mehr Fehler in der Kronenrandgestaltung gemacht wurden.

K.EICHNER (13) hebt in einer Zusammenfassung der parodontalhygienischen Bedingungen, die an Zahnersatz gestellt werden müssen, "den Kontakt des Kronenrandes mit dem marginalen Parodontium als locus minoris resistentiae" hervor. Er weist darauf hin, daß KÖRBER statistisch gesicherte Ergebnisse nur in Abhängigkeit von den Kronenrändern und der Mundhygiene fand, nicht jedoch z.B. für die traumatische Okklusion.

II.2. Gestaltung des Kronenrandes

Die Angaben bezüglich des Randschlusses und der Zementspaltbreite zwischen Kronenrand und Zahnstumpf schwanken in ihrer Toleranzgrenze erheblich.

P.RATHGEB (48) stellt die Forderung Modellstümpfe mittels Platzhalterfolie zu entlasten, um so eine unvollständige Reponierung und Stempelwirkung beim Zementieren sowie chemische, thermische oder galvanische Pulpareizungen zu vermeiden. Er erreicht damit eine klinische Spielpassung von Gußkronen. Die Meßwerte für den Zementspalt zwischen Krone und Zahnstumpf in der cervikalen Gürtelzone sind zwischen 0 und 70 µ gestreut.

Nach K.H.KÖRBER (34) und P.LENZ hängt die parodontale Verträglichkeit einer stufenlosen Gußkrone von der Breite der durch den cervikalen Kronenrand entstehenden Stufe und des zwischen Kronenrand und Zahnstumpf vorhandenen Spaltes ab. Seiner Ansicht nach brauchen Spaltbreiten bis zu 200 µ keine nachteiligen parodontalen Folgen haben.

Um klinisch brauchbare Kronen zu bekommen, fordert H.EINFELDT (16) eine gesteuerte Ungenauigkeit. Da die Korngröße der Zemente bei 20-30 µ liegt, sollte der Spalt zwischen Kronenrand und Stumpf der Korngröße von 20-30 µ entsprechen, aber 50 µ nicht überschreiten.

R.VOSS (63) definiert den exakten Randschluß: Als Übergang

einer Krone zum Zahn in der genauen Kontur seines früheren Zustandes, bei dem zwischen hochglanzpolierter Krone und Dentin ein 50 µ breiter, mit Zement gefüllter Spalt verbleibt. Der Kronenrand darf keinen mit dem bloßen Auge erkennbaren Spalt aufweisen und nicht mit der Sonde tastbar sein. Er fordert eine Krone in ihrem randfernen Teil hohlzulegen, sodaß die Kontaktstellen zum Stumpf auf den Rand beschränkt werden.

Unter exaktem Randschluß versteht H.J.REHBERG (50) das enge Anliegen, den möglichst nahtlosen Übergang des Kronenrandes in die angrenzende äußere Schmelz- oder Zementgrenze der Präparation. Er postuliert, Kronen mit einem klinisch gerade noch nachweisbaren Randspalt von 20 µ Breite können mit dem Prädikat "exakter Randschluß" versehen werden.

Nach E.FRÖHLICH (17) darf eine Krone nirgends abstehen, sie muß cervikal dem natürlichen Zahn so anliegen, daß wie bei einer Gußfüllung ein gleichmäßiger, mit einer Sonde nicht fühlbarer Übergang zwischen Krone und Zahn vorhanden ist. Die Kronenränder dürfen keinesfalls tiefer reichen, als es dem präparierten Sulcus entspricht.

II.3. Bisherige Untersuchungen zur Kronenherstellung

Es gibt nur wenige Arbeiten, die den Werdegang einer Krone von der Präparation und Abdrucknahme durch den Zahnarzt bis zur Fertigstellung der Krone durch den Zahntechniker beinhalten. Größtenteils wurden Teilgebiete wie z.B. Präparationstechniken, verschiedene Abdruckmaterialien oder Modellmaterialien untersucht.

H.WINDECKER und K.OHLE (65) untersuchten in einem Modellversuch die Abhängigkeit der Zementspaltbreite vom Herstellungsverfahren. Sie verwendeten gedrehte Stahlstümpfe, auf die sie die Kronen zementierten. Dabei wurden bei Vollgußkronen Werte zwischen 0 bis 70 µ für den Zementspalt gefunden.

In einer Untersuchung von Kronen, die am Patienten eingesetzt werden sollten, kam C.PETERS (46) mit Hilfe eines photographischen Meßverfahrens auf durchschnittliche Randspaltbreiten von 200 µ.

R.MOOSLEITNER (44) ermittelte in einer vergleichenden, am klinischen Herstellungsverfahren orientierten Untersuchung zwischen Band- und Gußkronen für die Gußkronen Spaltbreiten bis zu 500 µ.

II.3.1. Präparation

Von sechs verschiedenen Präparationsarten, die von K.EICHNER (12) empfohlen werden, hält K.LEHMANN (35) drei für üblich (Abb.1).

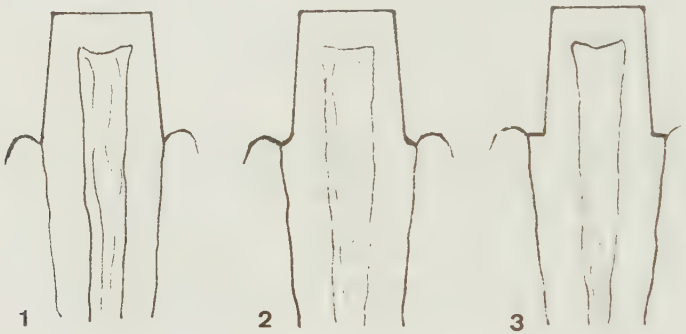

Abb.1

1. Flachkonische Präparation
2. Hohlkehlenpräparation
3. Stufenpräparation

G.VEST (61), K.EICHNER (12) sowie H.SCHMEISSNER (54) fordern eine Verlegung des subgingivalen Kronenrandes in die Zahnhartsubstanz hinein, wodurch eine deutlich erkennbare Präparationsgrenze erreicht werden soll. Des weiteren sollen parodontale Reizungen durch den Fremdkörper Krone vermieden werden.

Nach L.LUSTIG (38) und H.SCHMEISSNER (54) erfüllt die Stufenpräparation diese Forderungen am besten. Nachteilig wirkt

sich nach H.J.DEMMEL (9) jedoch bei der Stufenpräparation der beim Einsetzen der Krone entstehende breitere Zementspalt aus, da es bis heute noch keine mundbeständigen Zemente gibt.

Bei deutlich erkennbarer Präparationsgrenze, sowie relativ schmalem Zementspalt, erscheint deshalb die von R.VOSS (62) und H.T.SHILLINGBURG, S.HOBO und D.W.FISHER (58) geforderte Hohlkehlenpräparation, die geeignete Präparation schlechthin. Diese Präparationsart erfordert jedoch einen größeren Zeitaufwand und vermehrtes technisches Können, sodaß sie sich in der Durchschnittspraxis noch nicht durchgesetzt hat. Um die Präparationsgrenze noch zu verdeutlichen und die durch Diamantschleifinstrumente entstandene Rauhtiefe (30-50µ) zu vermindern, empfiehlt D.ONTRUP (45) mit Papierschleifscheiben den präparierten Stumpf zu glätten. Die Rauhtiefe kann nach F.EIFINGER (15) mit feinen Sandpapierscheiben bis auf 1 - 2 µ reduziert werden.

II.3.2. Abdruck

Für die Anwendung des Korrekturabdrucks gibt M.HOFFMANN (26) die Verwendung eines möglichst kleinen Abdrucklöffels an. Er empfiehlt, den Löffel gestrichen voll mit Silaplast zu beschicken, um die richtige Menge zu bekommen. Das Silaplast wird auf einer Glasplatte zum Fladen ausgestrichen, mit dem Spatel werden kreuz und quer Einschnitte angebracht und Reaktol nach Gebrauchsanweisung zugeführt. Der Fladen wird dann

zwischen den Fingern geknetet, bis die Oberfläche glänzend ist. Nach Zugabe von einer weiteren kleineren Menge Reaktol wird die Masse in den Löffel gefüllt und mit mäßigem Druck in den Mund eingebracht. Nachdem der Silaplastabdruck beschnitten wurde, wird Silasoft zur Korrektur verwendet. Die angegebenen Reaktolmengen müssen hierbei genau beachtet werden. Vor dem Anmischen muß der Abdruck mit Alkohol gesäubert und dann getrocknet werden. Nach Einbringen des Silasofts soll der Abdruck etwa 10 Sekunden unter starkem Druck und dann mit mäßigem Druck in situ gehalten werden.
E.KÖRBER und H.BERGMANN (2) messen der Löffelgröße ebenfalls größere Bedeutung zu. Nach ihrer Meinung sollte die Schichtdicke des Abdruckmaterials möglichst gering sein, mindestens aber 3 mm betragen, um eine vorübergehende Deformierung auszuhalten.

K.LEHMANN schränkte in einer Diskussion, die von R.VOSS (63) aufgezeichnet wurde, die Anwendung des Doppelmischabdruckes ein, da er sich klinisch nicht immer bewährte und befürwortete damit den Korrekturabdruck.
E.KÖRBER und K.LEHMANN (33) fordern beim Abdruck mit Silaplast und Silasoft das sofortige Ausgießen desselben, da nur so ein nahezu originalgetreues Modell zu erreichen ist.

II.3.3. Modellherstellung

Nach Untersuchung verschiedener Modellhartgipse in Arbeiten von K.LEHMANN und G.LANGE (36) und H.H.CÄSAR (5) wird Vel-Mix-Stone der Firma Kerr als eines der exaktesten Modellmaterialien empfohlen.
H.E.von MERKATZ (43) untersuchte die lineare Abbindeexpansion von Vel-Mix-Stone und bekam dabei Werte von ca. 0,12%. Dieselben Werte fand H.F.DANNEMANN (7) auch bei unterschiedlichem Wasser-Pulververhältnis.
Nach Firmenangaben liegt die lineare Abbindeexpansion zwischen 0,04% - 0,08% nach zwei Stunden.

H.MEINERS (41), der verschiedene Modellhartgipse und Einbettmassen untersuchte, fand heraus, daß bei unterschiedlicher Temperatur des Anmischwassers eine Dimensionsänderung bis 0,5% vorkommt.
Nach G.JANKE (28), der Untersuchungen mit Moldano und Duroc machte, muß das Modell formgetreu, bruch- und schabefest sein und möglichst keine "Eigenprofilierung" haben.

II.3.4. Stumpfherstellung

R.H.W.BRODBELT (4) und G.P.SMITH (60) empfehlen die Präparationsgrenze um etwa 0,3 mm am Modellstumpf zu verlängern.
Im Gegensatz dazu fordern R.MARXKORS (40) und R.VOSS (63), daß die Präparationsgrenze vom Zahntechniker nicht verlängert werden darf. R.MARXKORS empfiehlt mittels eines Rosenbohrers

eine zirkuläre Rinne unterhalb der Präparationsgrenze anzulegen.
K.H.KÖRBER und P.LENZ (34) schlagen vor, mit einer Fräse den Hartgips bis zur Demarkationslinie abzufräsen, um dadurch den Kronenrand während der Wachsmodellation besser einsehen zu können.

II.3.5. Wachs

Das Problem der Verarbeitung von Gußwachsen ist bis heute noch nicht eindeutig zugunsten einer bestimmten Technik entschieden.
W.ZÄHRINGER (66) beschreibt diese Situation treffend: "Wir stehen vor dem Zwiespalt, ob die flüssige Wachsverarbeitung mit ihrer Kontraktionserscheinung, oder die Verarbeitung des plastischen Wachses mit seiner Deformation das geringere Übel ist.
Nach K.DREYER-JØRGENSEN (11) sollten nur solche Gußwachse benutzt werden, bei denen die Hersteller garantieren, daß sie in Übereinstimmung mit einer Standard-Spezifikation sind. Er zieht die Plastifizierungstechnik, bei der das Wachs weich aber nicht flüssig verarbeitet wird, der Schmelztechnik vor.

Eine Lösung dieses Problems verspricht sich die Firma Degussa (8) mit ihrem Plastodent-Set. Sie empfiehlt, zunächst eine dünne Schicht Unterziehwachs (Plastodent U) aufzuschwemmen und anschließend mäßig erhitztes Gußwachs (Plastodent G

oder F) aufzubringen. Durch das Unterziehwachs, das sich weitgehend spannungsfrei verarbeiten läßt, soll die Kontraktion des Gußwachses ausgeglichen werden.

- Technik der Kronenrandmodellation -

E.KÖRBER (pers. Mitteilung) empfiehlt, den Kronenrand durch tropfenförmiges Auftragen von Wachs zu verstärken. Er wird in seiner Meinung durch G.P.SMITH (60) unterstützt, der vorschlägt, das Wachs cervikal im Überschuß aufzutragen und dann entsprechend dem Verlauf der Präparationsgrenze zurückzuschneiden.
Auch K.H.KÖRBER und P.LENZ (34) befürworten die erhabene Randmodellation und zwar in Form einer Makrostufe.

T.JUNG und U.QUAST (30) ermittelten in ihrer Arbeit, daß dünn ausmodellierte Kronenränder in 75% der Fälle eine Zähnung aufwiesen.
In einer Untersuchung unserer Abteilung von A.SCHMIERER (55) konnten einige wesentliche Modellationstechniken des Kronenrandes nicht ausreichend geprüft werden, deshalb wurden weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet unternommen.

- Entspannung der modellierten Wachskrone -

Auch auf diesem Gebiet bestehen widersprüchliche Meinungen. So fordert K.DREYER-JØRGENSEN nach W.REITHER (52), die

Wachskrone sofort nach Fertigstellung auf nahe 0°C abzukühlen, während H.J.REHBERG (51) und die Firma Degussa (8) empfehlen, das Wachsmodell auf dem Stumpf in einem etwa 35°C warmen Wasserbad zu entspannen.

Nach H.MEINERS und H.UNLAND (42) ist dieses Vorgehen wiederum unzweckmäßig, da es aufgrund der unterschiedlichen Expansionskoeffizienten von Hartgips und Wachs im warmen Wasser zu einer größeren Expansion des Wachsmodells kommt. Dies führt dazu, daß in den so entstehenden Zwischenraum zwischen Wachs und Modellstumpf Wasser eindringt und sich die Krone vom Stumpf abhebt. Beim Wiederabkühlen weicht die Krone nach okklusal aus und erreicht nicht mehr die Präparationsgrenze. Deshalb raten MEINERS und UNLAND die Wachsmodellation über längere Zeit stehen zu lassen, um so die inneren Spannungen im Wachs zu vermindern.

II.3.6. Einbettmasse

Laut Firmenangabe (Fa. Bayer-Leverkusen) liegt die Abbindeexpansion von DC-Christobalit bei 0,11% linear und die lineare thermische Expansion bei 1,7%.
Diese Angaben werden von P.FUCHS und G HENNING und O.SPRINGER (18) nicht vollständig bestätigt.
Während der Hersteller für die lineare thermische Expansion von DC-Christobalit 1,7% angab, fanden die Autoren bei ihren Untersuchungen nur 0,72%. Sie weisen darauf hin, daß die mittlere Abbindeexpansion ihren Endwert erst nach 81 Minuten er-

reicht.
Nach W.REITHER und W.STECK (53) soll die Urform durch die Abbindeexpansion nicht linear sondern verzerrt expandieren. Dies wird von K.DREYER-JØRGENSEN (10) bestätigt, der in einer Untersuchung über Durotherm feststellte, daß die Expansion aufgrund des Widerstandes der Muffel in verschiedenen Richtungen stark unterschiedlich war.
T.FUSAYAMA (21) führt die unregelmäßige Expansion auf die Steifheit des Wachses zurück. E.SCHRAFT (56) bestätigt diese Annahme. Seine Kronen waren an den Rändern stärker expandiert wie im Bereich der Kaufläche.

Als günstigste Einbettmethode gibt K.H.BEECK (1) die Vakuumeinbettung mit Asbestauskleidung der Muffel an. Diese Methode führte zu den geringsten Expansionsschwankungen und zu Güssen mit einwandfreier Oberflächenbeschaffenheit.

II.3.7. Gußtechnik

Im Degussabrief Nr. 42 findet sich eine sehr exakte Anleitung, wie einwandfreie Güsse zu erzielen sind.

Nach H.MARX (39) können dentale Platinlegierungen vom Typ Degulor M des öfteren vergossen werden, wenn ein Drittel Neumetall zugesetzt und mit einer elektrisch beheizten Kohletiegelschleuder gegossen wird.
Sowohl K.DREYER-JØRGENSEN (10) als auch H.POERTZEL (47) halten die Degussa-Tiegelschleuder für optimal.

II.3.8. Aufzementieren der Krone

R.MARXKORS berichtet in einer Diskussion mit K.EICHNER und R.VOSS (14), daß es um so schwieriger ist, eine Krone exakt einzusetzen, je präziser vorher gearbeitet wurde. Sinnvoll wäre seiner Meinung nach ein vorher definierter Spalt zwischen Krone und Stumpf für den Zementabfluß.
P.RATHGEB (48) fordert eine klinische Spielpassung, da sich eine supergenaue Passung mit einer Zementschichtdicke von unter 20 µ aus drei Gründen negativ auswirken kann:

1. Wegen Presspassung entsteht beim Zementieren eine Stempelwirkung. Daraus können durch mechanische oder chemische Insulte auf Odontoplastenfortsätze akute oder chronische Pulpaentzündungen resultieren.

2. Die Präparationsgrenze wird wegen der Stempelwirkung und Mikrorauhigkeiten an der präparierten Dentinoberfläche nicht vom Kronenrand erreicht. Nach dem Zementieren resultiert daraus eine Sensibilität im Bereich der Randzone und später kann sich hier Sekundärkaries ausbilden.

3. Wegen des dünnen Zementmantels ist die Isolation mangelhaft und die Folge davon ist eine chronisch temperaturempfindliche Pulpa.

Nach G.JANKE (29) hängt die Dicke der Zementschicht beim

Aufzementieren hauptsächlich vom Abflußwiderstand ab. Um die Stempelwirkung sowie den Abflußwiderstand zu verringern, wurden verschiedene Vorschläge gemacht.
So empfiehlt K.DREYER-JØRGENSEN (11) besonders bei hohen Zahnstümpfen mit kleinem Konvergenzwinkel in der Okklusalfläche der Krone ein Abflußloch für den Zement zu schaffen. Auch E.D.SHOOSHAN (59) und J.GERSON (22) fordern ein solches Zementabflußloch.

Diese Forderung hält H.J.DEMEL (9) nicht für gerechtfertigt. Er behauptet, daß bei Verwendung von Feinkornzementen und entsprechender Arbeitstechnik Spaltbreiten bis 5 µ zu verwirklichen sind. Beim Anmischen des Zementes muß das Mischungsverhältnis und die Verarbeitungszeit wie es die FDI-Spezifikation Nr. 6 angibt, genau beachtet werden. Die Krone soll nur mit einer dünnen Schicht Zement beschickt und dann unter axialer Führung und mit einem konstanten Druck von ca. 4 - 5 kp in situ gebracht werden.

II.3.9. Meßmethoden

Es gibt verschiedene Methoden, die für die Überprüfung und Vermessung der Spaltbreite zwischen Kronenrand und Zahnstumpf in Frage kommen.

- Klinische Meßmethoden -

Um Kronen vor dem endgültigen Einsetzen im Mund auf ihren exakten Randschluß zu überprüfen, verwendeten K.H.KÖRBER und

P.LENZ (34) Spiegel und Sonde. Dabei können Randspalten bis 20 µ noch eben getastet werden.
H.J.REHBERG (49) verwendet gummielastisches Abformmaterial, mit dem er die Krone ausstreicht und dann auf den Zahnstumpf setzt. Nach Erhärten der Masse gibt die Dicke des Materialfilms Aufschluß über den Randspalt und die zu erwartende Zementschichtdicke.

- Meßmethoden für Laborversuche -

W.B.FUCHS und R.MAYER (19) ermittelten bei Gußfüllungen deren Randdichtigkeit. Durch Einwirkung einer mit Isotopen angereicherten Flüssigkeit auf den Zementspalt, konnte über die Bestimmung der Radioaktivität Aufschluß über die Randdichtigkeit bekommen werden.
Durch Vergleich der Innenradien von Wachskronen mit den Innenradien der gegossenen Kronen in verschiedenen Höhen untersuchte E.SCHRAFT (56) mit dem Meßmikroskop die Dimensionsänderungen, die nach dem Guß auftraten.

R.MOOSLEITNER (44) sägte aufzementierte Kronen in drei Ebenen quer durch und photographierte die Querschnitte.

H.WINDECKER und K.OHLE (65) betteten die aufzementierten Kronen in Epoxydharz ein. Danach schliffen sie die eingebetteten Kronen stufenweise in der Horizontalebene von okklusal nach cervikal ab. An den so erhaltenen Horizontalschnitten wurde mit dem Meßmikroskop jeweils die Zementspaltbreite vermessen.

III) Material und Methoden

III.1. Vorbemerkung

In Modellversuchen soll der Einfluß verschiedener Modellationstechniken auf den cervikalen Randschluß überprüft werden. Es wurden insgesamt sechs Versuche gemacht, wobei pro Versuch zehn Kronen hergestellt wurden.

Modellationstechniken

Versuchsreihe 10 Adaptieren einer Wachsplatte mit dünn auslaufendem Rand (Abb 5a-5e)

Versuchsreihe 11 Adaptieren einer Wachsplatte mit verstärktem Rand (Abb. 5a-5f)

Versuchsreihe 20 Fertigkrone mit dünn auslaufendem Rand (Abb. 6a-6e)

Versuchsreihe 21 Fertigkrone mit verstärktem Rand (Abb. 6a-6f)

Versuchsreihe 30 Krone in Wachs getaucht mit dünn auslaufendem Rand (Abb. 7a-7e)

Versuchsreihe 31 Krone in Wachs getaucht mit verstärktem Rand (Abb. 7a-7f)

III.2. Zähne

Es wurden Frasacozähne benutzt, die in Art des Zahnkranzes

in einen perforierten Zweierlöffel angewachst und dann auf Hartgips gesockelt wurden (Abb.2). Insgesamt stellten wir sechs Modelle mit jeweils 10 Zähnen her.

III.3. Präparation der Frasacozähne

Die Frasacozähne wurden konisch mit glatt verlaufendem Rand präpariert (Abb.2). Die Okklusalfläche und Überhänge wurden unter Wasserspray mit dem Mercedesstern abgetragen. Die weitere Präparation erfolgte mittels Turbine und einem flammenförmigen Diamanten. Um das Verkannten der Krone beim Aufzementieren zu vermeiden, brachten wir mit einem Fissurenbohrer unterhalb der Okklusalfläche des Stumpfes eine Führungsrille an (Abb. 2). Anschließend wurden die Stümpfe mit einer feinen Sandpapierscheibe finiert.

III.4. Abdruck

Wir verwendeten das Korrekturabdruckverfahren mit Silaplast/Silasoft (Firma Detax-Dental Karl Huber KG, Karlsruhe)(Abb.3). Als Abdrucklöffel wurden perforierte Oberkieferzweierlöffel benutzt, um den klinischen Bedingungen zu entsprechen.
Beim Korrekturabdruck wird zunächst Silaplast angemischt, der Löffel beschickt und mit mäßigem Druck auf den Zahnkranz gebracht. Nach Erhärten des Abdrucks wird dieser abgezogen und mittels eines Skalpells werden sämtliche unter sich gehenden Stellen exzidiert und Abzugsrillen angebracht. Der Abdruck wird jetzt erneut angepaßt und kontrolliert. Läßt er sich, ohne daß feine Strukturen gequetscht oder abgebrochen werden,

Abb.2
Frasacozähne zahnkranzartig in Hartgips gesockelt; Präparation flachkonisch mit vertikaler Führungsrille

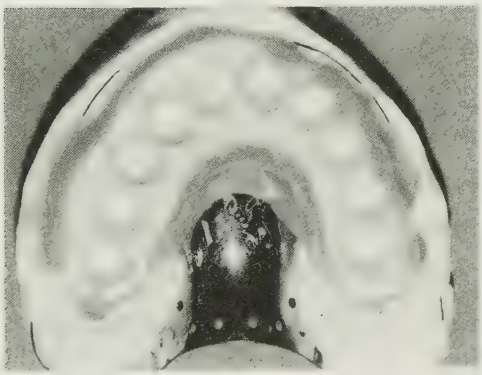

Abb.3
Korrekturabdruck von obigem Modell (Abb.2) mit Silaplast/Silasoft

Abb.4
Modell aus Vel Mix Stone

einbringen, wird Silasoft angerührt und in den Abdruck gestrichen. Jetzt wird der Abdruck mit kurzem, scharfem Druck (1 Sek.) eingebracht und dann drucklos bis zum Aushärten in Position gehalten.

III.5 Zahntechnische Arbeitsgänge

III.5.1. Modellherstellung und Beschleifen der Stümpfe

Die Abdrücke wurden sofort mit Vel Mix Stone (Firma Kerr Europe) ausgegossen (Abb. 4).
Nachdem der Gips 24 Stunden ausgehärtet war, wurden die Stümpfe aus dem Modell gesägt. Um die Präparationsgrenze exakt darstellen zu können, wurde mit einem Rosenbohrer eine zirkuläre Rinne angelegt. Auf diese Art und Weise konnte der Wachsrandschluß vor und nach dem Abheben der Krone vom Stumpf genau festgelegt und kontrolliert werden.

III.5.2. Modellationstechniken

-Versuchsreihe 10 und 11-
Es wurde grünes Plattenwachs (Firma Kerr SYBRON Corporation) und grünes Gußwachs extrahart Plastodent F (Firma Degussa) verwendet. Von der Wachsplatte wurde jeweils ein 1,5 cm breiter und 2,5 cm langer Streifen abgeschnitten. Diesen Streifen adaptierten wir, nachdem er durch die Handwärme etwas geschmeidiger gemacht wurde, an den Stumpf (Abb. 5a). Die Nahtstelle sowie der Kronendeckel wurden mit dem mäßig heißen Modellationsmesser durch kurzzeitiges Ver-

Versuchsreihe 10 u.11

Abb.5a Adaptieren eines Wachsstreifens an den Modellstumpf

Abb.5b Verschweißen der Wachsnahtstellen u. Adaptieren des Wachses in die cervikale Rille

Abb.5c Auftragen von Hartwachs (Plastodent F)

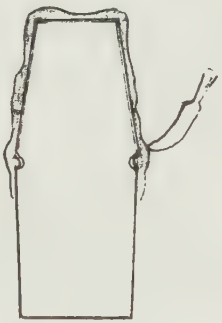

Abb.5d Tropfenförmiges Auftragen von Hartwachs bei verstärkter Randmodellation

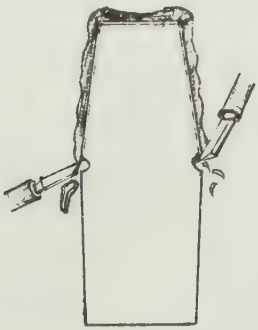

Abb.5e Abtrennen des überschüssigen Wachses unterhalb der Präparationsgrenze und dünne Ausmodellation des Randes bei Vers. 10

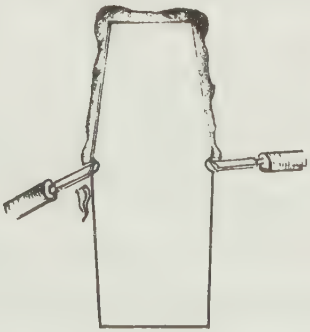

Abb.5f Abschaben des Wachses bis zur Präparationsgrenze unter Belassung des verstärkten Randes bei Vers. 11

flüssigen des Wachses verbunden (Abb. 5b). Den einige Millimeter über die Präparationsgrenze hinausreichenden Wachsstreifen adaptieren wir mit der Fingerkuppe in die cervikale Rinne (Abb. 5b). Nach Abkühlen des Wachshütchens auf Zimmertemperatur wurde mit dem leicht erhitzten Wachsmesser Plastodent F verflüssigt und aufgetragen, zuerst entlang der cervikalen Rinne und dann über das gesamte Hütchen (Abb. 5c). Dabei wurde darauf geachtet, daß das Wachs des Hütchens möglichst nicht flüssig wurde. Die Ausmodellation der Krone erfolgte schematisch nach Abkühlen des Wachses.

Randmodellation

In der Versuchsreihe 10 wurden die Ränder, wie allgemein in der Zahntechnik üblich, dünn auslaufend modelliert. Zunächst wurde mit einem scharfen Federmesser das überschüssige Wachs etwas unterhalb der Präparationsgrenze abgetrennt und dann durch vorsichtiges Abschaben des Wachses die Präparationsgrenze erreicht (Abb. 5e).

In der Versuchsreihe 11 wurde der Rand durch tropfenförmiges Auftragen des Wachses (Abb. 5d) entlang der Präparationsgrenze noch verstärkt. Dann trennten wir mit dem Federmesser das überschüssige Wachs unterhalb der Präparationsgrenze ab. Mit dem waagrecht gehaltenen Federmesser wurde das Wachs bis zur Präparationsgrenze abgeschabt (Abb. 5f).

-Versuchsreihe 20 und 21-

Für die Versuchsreihe 20 und 21 benutzten wir Fertigkronen aus Wachs (Firma Heinz Heymanns-Dental D. 4150 Krefeld), die heute in vielen Labors verarbeitet werden. Die Fertigkrone, die aus einem elastischen, bei Wärmeeinfluß nachgiebigem Wachs besteht, wurde in der Hand erwärmt, bis sie die gewünschte Geschmeidigkeit besaß, und dann auf dem Modellstumpf adaptiert (Abb. 6a).
Um eine occlusale Abstützung der Krone zu garantieren, wurde occlusal in der Mittelfissur mit dem heißen Messer ein Wachstropfen auf den Stumpf geschwemmt (Abb. 6b). An der Präparationsgrenze wurde zirkulär erhitztes flüssiges Wachs vom selben Material aufgetragen (Abb. 6c). Hierbei achteten wir darauf, daß von der Präparationsgrenze nach occlusal, der Stumpf von einem etwa 4 mm breiten Wachsstreifen bedeckt wurde.

Randmodellation

In der Versuchsreihe 20 wurde nach scharfem Abtrennen des Wachsüberschusses etwas unterhalb der Präparationsgrenze (Abb. 6e) der Rand dünn gestaltet. Dies wurde durch vorsichtiges Schaben in Richtung Präparationsgrenze erreicht, wobei das Federmesser im spitzen Winkel zum Stumpf geführt wurde (Abb. 6e).

Versuchsreihe 21 - Durch tropfenförmiges Auftragen von Wachs über die Präparationsgrenze hinaus, wurde der Rand zirkulär verstärkt (Abb. 6d). Mit dem Federmesser wurden die Wachs-

Vesuchsreihe 20 u. 21

Abb.6a Adaptieren der Fertigkrone auf den Modellstumpf

Abb.6b Aufschwemmen eines Wachstropfens zur okklusalen Abstützung

Abb.6c Anschwemmen des Kronenrandes bis etwa 4 mm über die Präparationsgrenze

Abb.6d Tropfenförmiges Auftragen des Wachses bei verstärkter Randmodellation

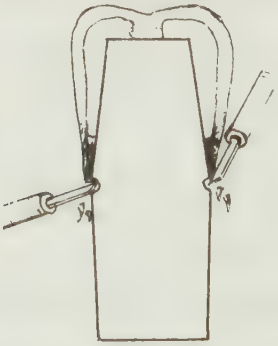

Abb.6e Abtrennen des überschüssigen Wachses unterhalb der Präparationsgrenze u. dünne Ausmodellation des Randes bei Vers. 20

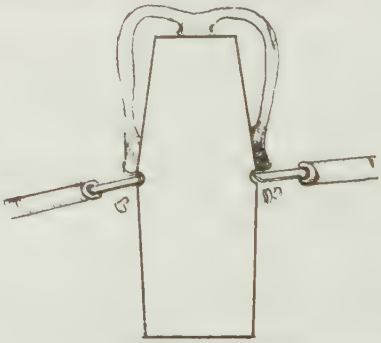

Abb.6f Abschaben des Wachses bis zur Präparationsgrenze unter Belassung des verstärkten Randes bei Vers. 21

überschüsse unterhalb der Präparationsgrenze entfernt und dann mit dem zum Stumpf rechtwinklig gehaltenen Messer vorsichtig bis zur Präparationsgrenze abgeschabt (Abb. 6f).

- Versuchsreihe 30 und 31 -

In dieser Versuchsreihe bedienten wir uns des Tauchtechnikverfahrens. Als Wachs wurde das Unterziehwachs Plastodent U und das extraharte Gußwachs Plastodent F von Degussa verwendet. Der Schmelzpunkt wird für beide Wachse mit ca.60°C. angegeben.
Zunächst wurden die beiden Wachse in einem Behälter, welcher in ein 60°C. warmes Wasserbad gestellt wurde, verflüssigt. Jetzt tauchten wir die isolierten Stümpfe zuerst etwa 1 Sek. in das Wachsbad mit Plastodent U (Abb. 7a). Nach stumpfem Abtrennen des Unterziehwachses etwas oberhalb der Präparationsgrenze (Abb. 7b) wurden die Stümpfe eine weitere Sekunde in das Wachsbad Plastodent F getaucht (Abb. 7c), sodaß das Unterziehwachs und die Präparationsgrenze bedeckt wurden (Abb. 7d).

Randmodellation

Im Versuch 30 wurde nach scharfem Abtrennen des überschüssigen Wachses unterhalb der Präparationsgrenze der Rand durch Schaben mit dem im spitzen Winkel zum Stumpf gehaltenen Messer dünn gestaltet (Abb. 7e).

Versuchsreihe 30 u. 31

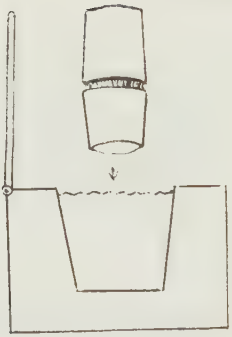

Abb.7a Eintauchen des Stumpfes in Unterziehwachs (Plastodent U)

Abb.7b Stumpfes Abtrennen des Unterziehwachses etwas oberhalb der Präparationsgrenze

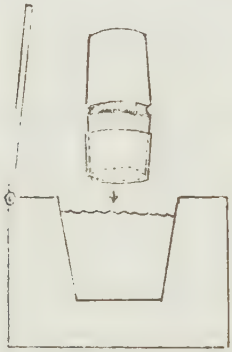

Abb.7c Erneutes Eintauchen des mit Unterziehwachs überzogenen Stumpfes in Hartwachs (Plastodent F)

Abb.7d Stumpf nach dem Eintauchen in Hartwachs

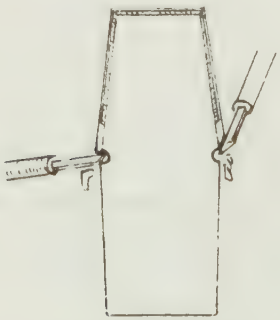

Abb.7e Abtrennen des überschüssigen Wachses unterhalb der Präparationsgrenze u. dünne Ausmodellation des Randes bei Vers.30

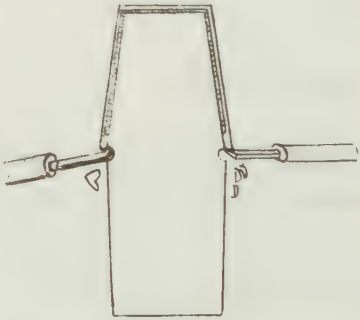

Abb.7f Abschaben des Wachses bis zur Präparationsgrenze unter Belassung des verstärkten Randes bei Vers.31

Versuch 31 - Durch verlängertes Eintauchen der Stümpfe in Plastodent F auf etwa zwei Sekunden erhielten wir einen etwas dickeren Kronenrand. Die Wachsüberschüsse unterhalb der Präparationsgrenze wurden mit dem Federmesser abgetrennt und dann zirkulär bis zur Präparationsgrenze abgeschabt (Abb. 7f).

III.5.3. Einbetten der Wachskrone

Der Gußstift, ein Wachsdraht von 3 mm Durchmesser und etwa 2,5 cm Länge wurde am Ort der größten Materialstärke einer Krone im Winkel von ca. 45° angebracht. Nach Anbringen der Gußstifte wurden die Kronen an ihren Stiften auf dem Gußtrichterformer (Firma Degussa) festgewachst. Insgesamt wurden 10 Kronen, und zwar je fünf von Versuch 10 und fünf von Versuch 11 zusammen eingebettet und gegossen. Dadurch waren für beide Versuche die gleichen Einbett- und Gußbedingungen gegeben. In den Versuchen 20 und 21 sowie 30 und 31 wurde ebenso verfahren. Nach dem Anwachsen auf dem Gußtrichterformer wurden die Wachskronen in Waxit (Firma Degussa) getaucht und vorsichtig trockengeblasen. Eine 10er Muffel wurde mit Asbest (Firma Degussa) ausgekleidet und dieses durch Eintauchen in Wasser angefeuchtet. Danach steckten wir die Muffel auf den Gußtrichterformer.
Mit Hilfe des Multivac II (Firma Degussa) wurde im Vacu Einfüllbecher DC-Christobalit Einbettmasse (Firma Bayer-Leverkusen) nach Vorschrift angemischt und auf dem Rüttler unter Kontrolle des Auges in die Muffel gegeben.

III.5.4. Vorwärmen und Gießen

Nach einer Abbindezeit von ca. 60 Minuten wurde die Muffel in einen auf 200°C. vorgeheizten Auswachsofen gestellt. Das Gußwachs war nach 40 Minuten ausgetrieben, worauf die Muffel in den 200°C. heißen Vorwärmeofen gestellt und auf 700°C. aufgeheizt wurde. Nach 35 Minuten Vorwärmedauer bei 700°C. wurde gegossen. Es wurden 50 Gramm Degulor M (Firma Degussa) im Kohletiegel der Elektroschmelzanlage der Degussa-Tiegelschleuder geschmolzen, bis sich eine spiegelnde Oberfläche zeigte. Jetzt wurde die rotglühende Muffel aus dem Vorwärmeofen genommen, in die Schleuder eingebracht, der Kohletiegel an seiner Spitze abgeblasen und dann gegossen. Nach Auslaufen der Schleuder ließen wir die glühende Muffel auf Raumtemperatur abkühlen.

III.5.5. Ausbetten des Gusses

Nach Abkühlen des Gusses auf Raumtemperatur wurde er mittels leichter Hammerschläge auf den Gußtrichter vom Großteil der Einbettmasse befreit. Jetzt wurde der Guß 15 Minuten ins Ultraschallbad gegeben und mit Neacit D (Firma Degussa) abgesäuert. Anschließend trennten wir die Gußstifte ab und untersuchten die Kronen auf ihre Brauchbarkeit. Die Kronen wurden nicht ausgearbeitet.

III.6. Aufzementieren der Kronen

Wir benutzten normalhärtenden Havard-Zement Feinkorn, der von

einer Helferin nach Vorschrift sahnig angerührt wurde. Die Kronen wurden innen dünn mit Zement beschichtet und dann unter langsam drehender Bewegung ohne übermäßigen Druck auf den Stumpf gebracht. Es wurde besonders darauf geachtet, daß der Zement gut abfloß, was bei schnellem Aufsetzen der Krone, das unter starkem Druck erfolgt, nicht immer gewährleistet ist. Erst nachdem die Krone die Präparationsgrenze fast erreicht hatte, wurde sie mit dem Beißholz unter mäßigem Druck vollständig bis zur Präparationsgrenze gedrückt.

III.7. Vermessung des Randspaltes

Wir modifizierten die von H.WINDECKER und K.OHLE (65) angegebene Meßmethode. Sie verwendeten die "abgestufte Feinschlifftechnik", bei der von den in Epoxydharz eingebetteten Kronen sukzessiv Horizontalschnitte hergestellt, die dann mit dem Meßmikroskop vermessen wurden. Eine Modifikation dieser Methode war notwendig:

1. da bei unregelmäßig verlaufender Präparationsgrenze nicht der gesamte Randverlauf darzustellen war.
2. da häufig dünne Kronenrandbezirke ausbrachen.

III.7.1. Modifizierte eigene Meßmethode

-Einbetten der Krone in Epoxydharz-

Zunächst wurden sämtliche aufzementierte Kronen in glasklares Epoxydharz (Firma Jean Wirtz, Düsseldorf) eingebettet. Wir benutzten dafür kleine Kunststoffdöschen, in die wir die

Frasacostümpfe mit aufzementierten Kronen verschraubten. Zur besseren Retention der glatten Frasacostümpfe wurden Kerben angebracht. Nach Einfüllen und Erhärten des Epoxydharzes wurden die Schrauben entfernt und die eingebetteten Kronen konnten zersägt werden.

-Zersägen der eingebetteten Kronen-

In eine Drehbank mit Sägetisch wurden 0,6 mm starke HSS-Sägeblätter von 100 mm Durchmesser gespannt und die Kronen zersägt (Abb. 8). Beim Sägen war besonders zu beachten, daß nur mit mäßigem Druck und unter Verwendung von Rindertalg gesägt wurde. Des weiteren mußte stets ein scharfes Sägeblatt verwendet werden. Wir zersägten 10 Kronen mit einem Sägeblatt. Jede Krone wurde in zwei Hälften zersägt, wobei durch die Breite des Sägeschnittes und der anschließenden Politur ein Substanzverlust zwischen beiden Kronenhälften entstand. Der Abstand zwischen beiden Meßflächen dürfte daher mit 1 - 2 mm zu veranschlagen sein.

-Herstellung der Planschliffe-

Um exakte Messungen vornehmen zu können mußten von den zersägten Kronenhälften Planschliffe hergestellt werden, da die Tiefenschärfe des Meßmikroskops bei einem Vergrößerungsmaßstab von 1:400 im Bereich von 4 µ liegt.
Zur Herstellung der Planschliffe wurde die Horizontalschleifmaschine der Firma Jean Wirtz, Düsseldorf verwendet (Abb. 9).

Abb.8
Zersägen der in Epoxydharz eingebetteten Krone mit einem HSS-Sägeblatt

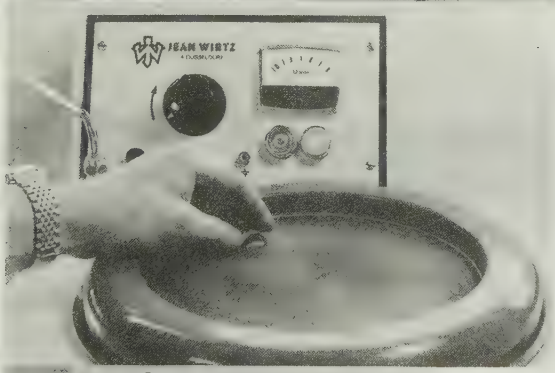

Abb.9
Herstellung des Planschliffes mit der Horizontalschleifmaschine

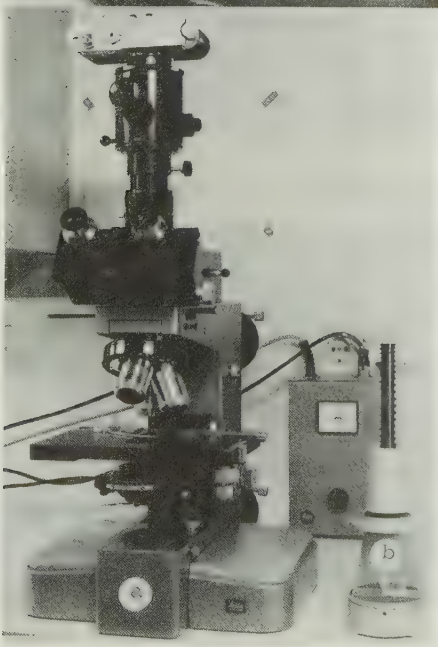

Abb.10
a) Das Leitz-Großfeldmikroskop Orthoplan, mit dem die Planschliffe vermessen wurden
b) Das Parallelführungsgerät mit dem auf Knetmasse ausgerichteten Planschliff

Zunächst wurde die Kronenhälfte an ihrer zu vermessenden Fläche mit Siliziumkarbitpapier der Körnungen 180, 240, 320, 400 und 600 naß geschliffen. Anschließend erfolgte auf einem Spezialfilz der Polierschliff mit Diamantpaste 3 µ und 1 µ (Abb. 11 - 13).

-Vermessen der Planschliffe-

Es wurde das Leitz-Großfeldmikroskop Orthopan benutzt (Abb. 10a). Die Vermessung erfolgte im Auflicht bei Dunkelfeldbeleuchtung , wodurch die Konturen von Stumpf und Kronenrand exakt zu unterscheiden waren (Abb. 14a) und 14b)).

Als Meßobjektiv benutzten wir das Objektiv HDA 50x10,75 und als Meßokular das Großfeldokular 8x, das eine Skalenteilung mit 100 Teilstrichen hat, wobei ein Skalenteil 1 µ entspricht. Das Auflösungsvermögen lag bei 0,5 µ.

Die einzelnen Planschliffe wurden auf einem Objektträger mit Knetmasse fixiert. Um eine ebene Meßfläche zu bekommen, benutzten wir ein Parallelführungsgerät (Abb. 10b).

Die Messungen erfolgten im Kronenrandbereich, wobei wir pro Schliff bzw. Kronenhälfte auf jeder Seite 10 Messungen vornahmen (Abb. 15). Pro Krone waren es insgesamt 40 Messungen. Der Meßpunkt 1 bezeichnet die Messung direkt an der Präparationsgrenze, Meßpunkt 2, 3 usw. kennzeichnet die Messungen, die in kurzen Abständen bis zu einer Entfernung von ca. 3mm von der Präparationsgrenze gemacht wurden.

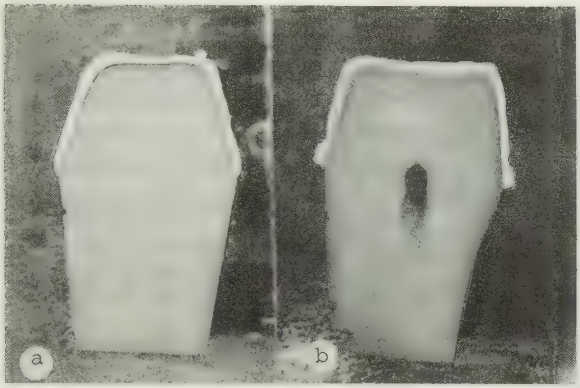

Abb.11

a) Beispiel für einen polierten Planschliff der Versr.10 (Adaptieren einer Wachsplatte mit dünn auslaufendem Kronenrand)

b) Polierter Planschliff der Versr.11 (Adaptieren einer Wachsplatte mit verstärktem Rand)

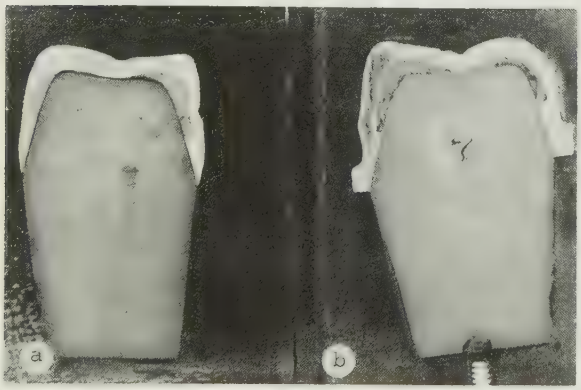

Abb.12

a) Beispiel für einen polierten Planschliff der Versr.20 (Fertigkrone mit dünn auslaufendem Kronenrand)

b) Polierter Planschliff der Versr.21 (Fertigkrone mit verstärktem Kronenrand)

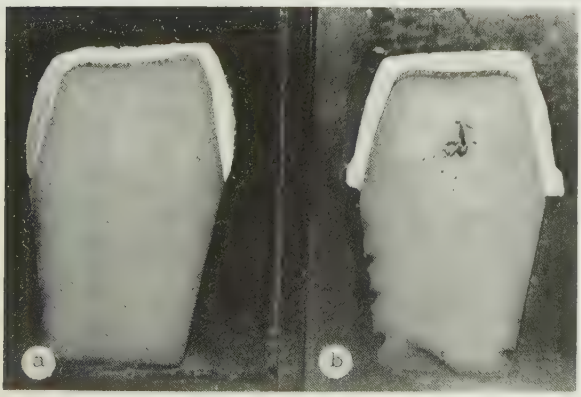

Abb.13

a) Beispiel für einen polierten Planschliff der Versr.30 (Krone getaucht mit dünn auslaufendem Kronenrand)

b) Polierter Planschliff der Versr.31 (Krone getaucht mit verstärktem Kronenrand)

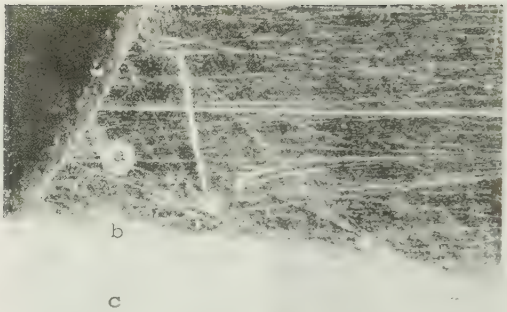

Abb.14a)
Schliff im Mikroskop
Übersichtsvergrößerung
(1:80) bei Krone
mit dick auslaufendem
Kronenrand
a) Metall
b) Zementspalt
c) Stumpf

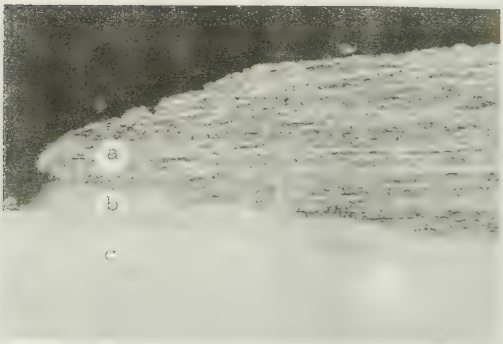

Abb.14b)
Schliff im Mikroskop
Übersichtsvergrößerung
(1:80) bei Krone
mit dünn auslaufendem
Kronenrand
a) Metall
b) Zementspalt
c) Stumpf

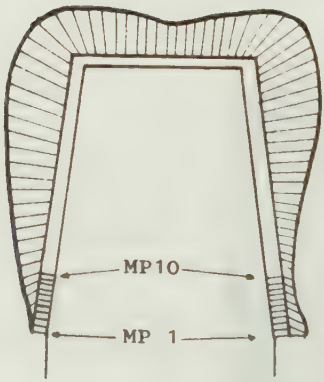

Abb.15
Schematische Darstellung
der Meßpunkte
MP 1 liegt direkt an der
Präparationsgrenze

III.8. Statistik

Die von uns ermittelten 2400 Meßdaten wurden im Zentrum für Datenverarbeitung der Universität Tübingen mit dem Telefunken TR 440 Computer ausgewertet. Für die statistische Auswertung verwendeten wir die Bücher von L.CAVALLI SFORZA (6), A.LINDER (37), E.WEBER (64) und GRAF, HENNING und STANGE (23). Es wurden folgende statistische Berechnungen durchgeführt:

1. Mittelwert — Nach A.LINDER (37) und L.CAVALLI SFORZA (6) versteht man unter Mittelwert das arithmetische Mittel aus den einzelnen Werten der Stichprobe, er ist ein Schätzwert für den "wahren Mittelwert" der Grundgesamtheit.

2. Standardabweichung — Sie wird auch mittlere quadratische Abweichung genannt. Man versteht darunter den Bereich beiderseits des Mittelwertes in den 68,26% aller Meßwerte fallen.
L.CAVALLI SFORZA

3. Varianzanalyse — Sie dient zur statistischen Prüfung auf signifikante Unterschiede zwischen mehreren Mittelwerten. Es bestehen signifikante Unterschiede zwischen den einzelnen Mittelwerten, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit (P) = 5% ist.
Der Unterschied ist hochsignifikant, wenn die Irrtumswahrscheinlichkeit (P) = 1% ist.

A.LINDER (37), L.CAVALLI SFORZA (6).

4. Häufigkeitsverteilung

Sie dient dazu eine große Anzahl verschiedener Meßdaten entsprechend der prozentualen Häufigkeit gleichwertiger Meßdaten in einem Schaubild (Histogramm) aufzuteilen.

Pro Versuchsreihe wurden von den jeweils 10 Kronen 200 Meßwerte in 6 Klassengrenzen zu je 6 Skalenteilen aufgegliedert.
Im Originalhistogramm wurde dann für jede Versuchsreihe übersichtlich dargestellt, wie die ermittelten Meßwerte (in Skt) sich prozentual in die einzelnen Klassengrenzen aufteilen (Abb.22 - 27).

IV. Ergebnisse

Es wurden insgesamt sechs Versuchsreihen (Versuche 10,11,20, 21,30 und 31) zu je 10 Kronen gemacht. Uns interessierte dabei das Dimensionsverhalten des Kronenrandes in Abhängigkeit von der Modellationstechnik. Die Präparationstechnik, glatt verlaufende konische Präparation von Frasacozähnen war bei allen Versuchen diesselbe. Von den jeweils 10 beschliffenen Frasacozähnen pro Versuchsreihe, die zahnkranzartig in Gips gesockelt waren, wurde mit einem perforierten Löffel ein Korrekturabdruck genommen. Der Abdruck wurde mit Vel Mix Stone ausgegossen, die Stümpfe herausgesägt und die Präparationsgrenze durch eine zirkuläre Rille festgehalten. Auf den mit Kerr Mikrofilm isolierten Stümpfen wurde modelliert.

Versuchsreihe 10 Ein etwa 2,5 mm langer und 1,5 mm breiter Wachsstreifen wurde mit den Fingern an den Stumpf adaptiert und mit einem heißen Messer an den Nahtstellen verschweißt. Über dieses Wachshütchen wurde eine Schicht extrahartes Modellierwachs aufgetragen, ohne das darunter liegende Hütchen zu zerschmelzen. Der Randbezirk wurde dünn auslaufend gestaltet (siehe Abb. 5a - 5e).

Versuchsreihe 11 Die Modellationstechnik erfolgte wie in Versuchsreihe 10 mit dem Unterschied, daß hier der Rand durch tropfenartiges Auftragen von

Wachs verstärkt modelliert wurde (siehe Abb. 5a - 5f).

Versuchsreihe 20 Es wurden Fertigkronen benutzt, deren Rand mit heißem flüssigem Wachs aus demselben Material bis etwa 3 mm oberhalb der Präparationsgrenze angeschwemmt und dann dünn auslaufend modelliert wurde (siehe Abb. 6a - 6e).

Versuchsreihe 21 Die Modellationstechnik erfolgte wie in Versuchsreihe 20, lediglich der Rand wurde durch tropfenartiges Auftragen des Wachses verdickt (siehe Abb. 6a - 6f).

Versuchsreihe 30 Die Kronenmodellation erfolgte nach dem Tauchtechnikverfahren. Zuerst wurde der isolierte Stumpf in ein Wachsbad mit weichem Unterziehwachs (Plastodent U) getaucht, dann wurde das noch nicht völlig erkaltete Wachs etwa 1 mm über der Präparationsgrenze stumpf abgetrennt und erneut in ein, mit extrahartem Gußwachs (Plastodent F) gefülltes Wachsbad getaucht. Der Rand wurde durch Schaben mit dem Federmesser dünn auslaufend gestaltet (siehe Abb. 7a - 7e).

Versuchsreihe 31 Im Unterschied zu Versuchsreihe 30 wurde hier der Rand verdickt belassen und mit

dem Federmesser an der Präparationsgrenze scharf abgetrennt.

Um gleiche Einbett- und Gußbedingungen zu bekommen, wurden jeweils von der Versuchsreihe 10 fünf Kronen zusammen mit fünf Kronen der Versuchsreihe 11 in einer 10er Muffel eingebettet und gegossen. Genauso wurde bei den übrigen Versuchen (Vers. 20 mit 21 und Vers. 30 mit 31) verfahren.
Nach dem Ausbetten wurden die Kronen lediglich abgesäuert, vom Gußkanal abgetrennt und auf den Originalstümpfen angepaßt.
Über die Verwendbarkeit der Kronen entschieden klinische Kriterien. Die verwendbaren Kronen wurden auf die Originalstümpfe zementiert und anschließend in Epoxydharz eingebettet. Nachdem die eingebetteten Kronen durch Zersägen halbiert worden waren, stellten wir Schliffe her. Die Zementspaltbreite im Randbezirk wurde mikroskopisch mit einem Meßokular bestimmt. Die ermittelten Meßwerte wurden in einem Meßprotokoll festgehalten.

IV.1. Überprüfung des Gusses auf Brauchbarkeit

Kronen, die mit einem der folgenden Mängel behaftet waren, wurden nicht verwendet:

1. Kronenrand aufgrund mangelhafter Modellationstechnik ausgefranst oder übermodelliert.
2. Kronenrand steht sichtbar ab oder Spalt ist mit spitz-

er Sonde tastbar.

3. Präparationsgrenze wurde nicht überall erreicht.
4. Rauhigkeiten, Porositäten, Risse und Gußperlen, welche die Passgenauigkeiten wesentlich beeinflussen. Traf einer dieser Punkte zu, konnte die jeweilige Krone nicht verwendet werden, da ja die gegossene und nicht bearbeitete Krone vermessen wurde.

IV.2. Vermessung des Randspaltes

Die Vermessung erfolgte mikroskopisch mit der bereits in III.7.1. dargelegten Technik. Die Meßwerte entsprechen den Skalenteilen des Meßokulars, wobei ein Skalenteil gleich 2,6 µ beträgt. Pro Krone wurden insgesamt 40 Messungen vorgenommen. Das Vermessen des Zementspaltes erfolgte in kurzen Abständen im Kronenrandbereich bis zu einer Distanz von ca. 3 mm von der Präparationsgrenze nach okklusal. Innerhalb dieser 3 mm erfolgten jeweils 10 Messungen (Abb.15). Die 10 Meßpunkte wurden von 1 - 10 nummeriert, wobei Meßpunkt 1 direkt an der Präparationsgrenze festgelegt wurde. Die ermittelten Meßwerte notierten wir in einem vorgefertigten Protokollblatt (Tab. Nr. 1). In diesem Meßprotokoll wurde die Versuchsreihe durch eine zweistellige Zahl, z.B. 10 oder 21 gekennzeichnet, wobei die erste Zahl (1,2 oder 3) die Modellationsart und die zweite Zahl (0) den dünn auslaufend modellierten und (1) den verstärkt auslaufend modellierten Rand kennzeichneten. Die Zahlen, die durch einen Querstrich von den ersten zweistelligen Zahlen getrennt sind,

MESSPROTOKOLL

Versuchsreihe 10/01 (Kronenhälfte)

Meßpunkte	1 (linke Seite)	2 (rechte Seite)
1	03 Skalenteile	10 Skalenteile
2	09 "	07 "
3	09 "	08 "
4	07 "	13 "
5	05 "	09 "
6	11 "	08 "
7	03 "	07 "
8	14 "	10 "
9	18 "	09 "
10	18 "	12 "
Mittelwert	9,7 Skalenteile	9,3 Skalenteile

Versuchsreihe 10/02

Meßpunkte	1	2
1	10 Skalenteile	06 Skalenteile
2	08 "	05 "
3	05 "	08 "
4	09 "	08 "
5	07 "	08 "
6	13 "	05 "
7	10 "	05 "
8	15 "	05 "
9	13 "	07 "
10	16 "	09 "
Mittelwert	10,6 Skalenteile	6,6 Skalenteile

Mittelwert Krone 10/01 - 10/02 = 9,0

Tab.Nr.1: Beispiel eines Meßprotokolls für eine Krone

bezeichnen die Kronenhälfte und gehen von 01 bis 20, da ja jeweils 10 Kronen, d.h. 20 Kronenhälften pro Versuchsreihe gemacht wurden. Die linke und die rechte Seite einer Kronenhälfte wurden durch eine weitere Zahl, und zwar für die linke Seite durch die 1 und für die rechte Seite durch die 2 gekennzeichnet.

IV.3. Statistische Auswertung der ermittelten Meßwerte

1. Berechnung des Mittelwertes der für die Zementspaltbreite ermittelten Meßwerte von jeder Einzelkrone innerhalb einer Versuchsreihe.

2. Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung der, für die Zementspaltbreite ermittelten Meßwerte von allen Kronen einer Versuchsreihe.

3. Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung für die an jedem Meßpunkt (von 1 - 10) ermittelten Meßwerte aller 10 Kronen innerhalb einer Versuchsreihe.

4. Häufigkeitsverteilung

5. Varianzanalyse

IV.3.1. Berechnung des Mittelwertes der für die Zementspaltbreite ermittelten Meßwerte von jeder Einzelkrone innerhalb einer Versuchsreihe

Versuchsreihe 10

Modellationstechnik: Adaptieren einer Wachsplatte mit dünn auslaufendem Rand (siehe Abb. 5a - 5e)

	Mittelwert der Zementspaltbreite in Skalenteilen	Mittelwert der Zementspaltbreite in µ (gerundet)
Krone 1	9,0	23
Krone 2	6,4	17
Krone 3	14,7	38
Krone 4	11,6	30
Krone 5	17,7	46
Krone 6	13,5	35
Krone 7	9,9	26
Krone 8	11,6	30
Krone 9	15,9	41
Krone 10	19,6	51

Ein Skalenteil ≙ 2,6 µ

Versuchsreihe 11

Modellationstechnik: Adaptieren einer Wachsplatte mit verstärktem Rand (siehe Abb. 5a - 5f)

	Mittelwert der Zementspaltbreite in Skalenteilen	Mittelwert der Zementspaltbreite in µ (gerundet)
Krone 1	6,7	17
Krone 2	4,1	11
Krone 3	5,3	14
Krone 4	7,7	20
Krone 5	4,9	13
Krone 6	7,2	19
Krone 7	16,0	42
Krone 8	10,9	28
Krone 9	11,9	31
Krone 10	8,5	22

Ein Skalenteil ≙ 2,6 µ

Versuchsreihe 20

Modellationstechnik: Fertigkrone mit dünn auslaufendem Kronenrand (siehe Abb. 6a - 6e)

	Mittelwert der Zementspaltbreite in Skalenteilen	Mittelwert der Zementspaltbreite in µ (gerundet)
Krone 1	6,4	17
Krone 2	8,4	22
Krone 3	8,5	22
Krone 4	8,7	23
Krone 5	7,9	21
Krone 6	15,1	39
Krone 7	10,0	26
Krone 8	6,7	17
Krone 9	8,8	23
Krone 10	19,6	51

Ein Skalenteil ≙ 2,6 µ

Versuchsreihe 21

Modellationstechnik: Fertigkrone mit verstärktem Kronenrand (siehe Abb. 6a - 6f)

	Mittelwert der Zementspaltbreite in Skalenteilen	Mittelwert der Zementspaltbreite in µ (gerundet)
Krone 1	7,5	19
Krone 2	2,7	7
Krone 3	3,9	10
Krone 4	2,7	7
Krone 5	3,8	10
Krone 6	8,0	26
Krone 7	5,9	15
Krone 8	5,6	15
Krone 9	7,7	20
Krone 10	8,7	23

Ein Skalenteil ≙ 2,6 µ

Versuchsreihe 30

Modellationstechnik: Krone in Wachs getaucht mit dünn auslaufendem Kronenrand (siehe Abb. 7a - 7e)

	Mittelwert der Zementspaltbreite in Skalenteilen	Mittelwert der Zementspaltbreite in µ (gerundet)
Krone 1	6,5	17
Krone 2	13,7	36
Krone 3	16,0	42
Krone 4	7,5	19
Krone 5	10,2	27
Krone 6	9,9	26
Krone 7	10,9	28
Krone 8	9,3	24
Krone 9	6,5	17
Krone 10	9,5	25

Ein Skalenteil ≙ 2,6 µ

Versuchsreihe 31

Modellationstechnik: Krone in Wachs getaucht mit verstärktem Kronenrand (siehe Abb. 7a - 7f)

	Mittelwert der Zementspaltbreite in Skalenteilen	Mittelwert der Zementspaltbreite in µ (gerundet)
Krone 1	5,1	13
Krone 2	4,8	12
Krone 3	3,8	10
Krone 4	5,0	12
Krone 5	4,9	13
Krone 6	13,6	35
Krone 7	2,5	7
Krone 8	3,9	10
Krone 9	6,5	17
Krone 10	6,9	18

Ein Skalenteil ≙ 2,6 µ

IV.3.2. Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung der für die Zementspaltbreite ermittelten Meßwerte von allen Kronen einer Versuchsreihe

Um die Versuchsreihen 10 - 31 direkt miteinander vergleichen zu können, wurden die für die Zementspaltbreite berechneten Mittelwerte aller zehn Kronen einer Versuchsreihe zu einem Mittelwert und einer Standardabweichung zusammengefaßt.

	Mittelwert der Zementspaltbreite			Standardabweichung		
	in Skt		in µ	in Skt		in µ
Versuchsr. 10	13,04	=	34	6,75	=	17
Versuchsr. 11	8,35	=	22	5,02	=	13
Versuchsr. 20	10,04	=	26	5,09	=	13
Versuchsr. 21	5,71	=	15	3,00	=	8
Versuchsr. 30	10,04	=	26	4,41	=	11
Versuchsr. 31	5,75	=	15	4,11	=	11

Ein Skalenteil = 2,6 µ / Die Angaben in µ sind gerundet

Aus diesen Mittelwerten läßt sich ersehen, daß bei allen Modellationstechniken mit verdicktem Rand ein wesentlich schmalerer Randspalt erreicht wurde (siehe Abb.16).

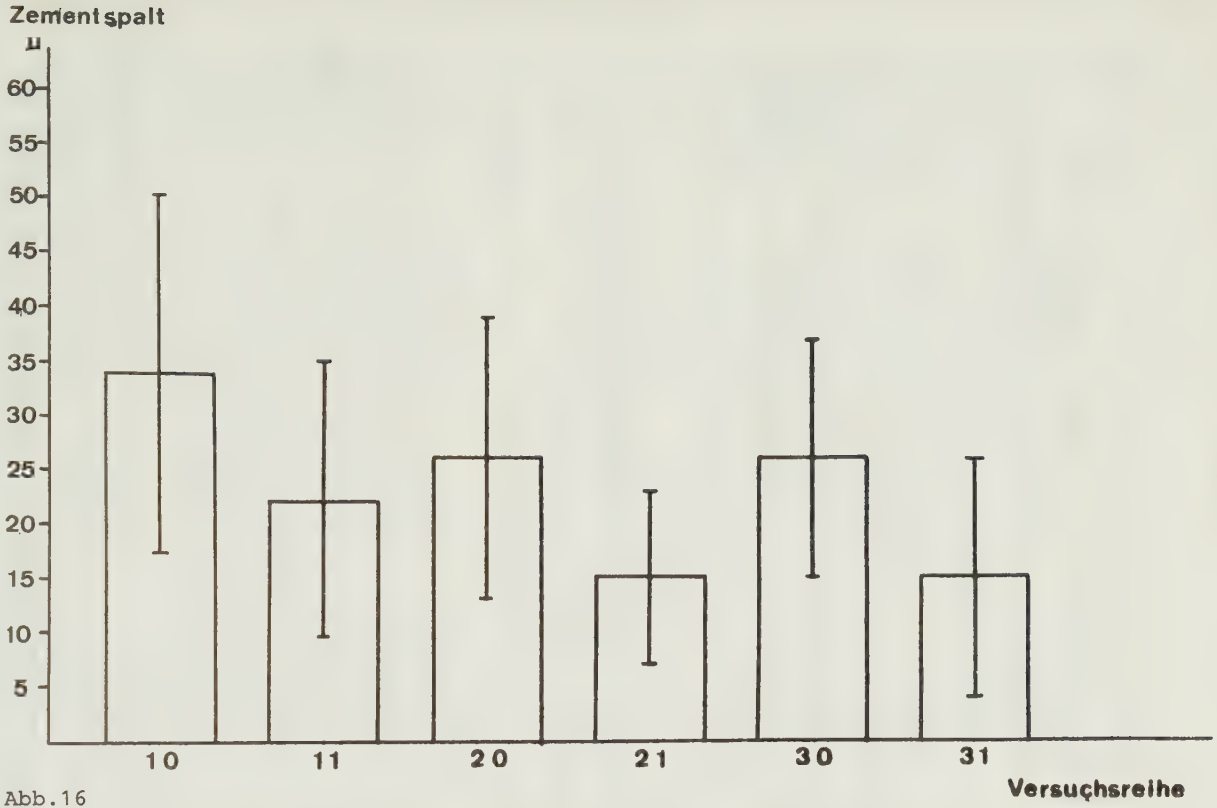

Abb.16

Mittelwerte und Standardabweichungen der für die Zementspaltbreite aller Einzelkronen einer Versuchsreihe ermittelten Meßwerte

IV.3.3. Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung für die an jedem Meßpunkt (von 1-10) ermittelten Meßwerte aller 10 Kronen innerhalb einer Versuchsreihe

Um den genauen Verlauf des Zementspaltes zwischen dem Kronenrand und dem Zahnstumpf von Meßpunkt 1 - 10 innerhalb einer Versuchsreihe verfolgen zu können, ermittelten wir an jedem Meßpunkt für alle 10 Kronen den Mittelwert und die Standardabweichung (Tab.Nr. 2-7) und stellten den Zementspaltverlauf graphisch dar (Abb. 17-21).

Dabei zeigten sich bei allen Versuchsreihen (von 10 - 31), die Modellationstechniken mit verstärkt modelliertem Rand, denen mit dünn auslaufend modelliertem Rand überlegen (Abb. 17-19).
Im direkten Vergleich der Modellationsarten mit dünn auslaufend modelliertem Rand (Vers. 10, 20 und 30) schnitt die Versuchsreihe 20 am besten ab (Abb. 20). Bei Vers. 20 wurden für die Zementspaltbreite Werte erreicht, die annähernd so gut waren wie die der Modellationsarten mit verstärkt modelliertem Rand. Am schlechtesten fiel die Versuchsreihe 10 aus.

Beim Vergleich der Modellationstechniken mit verstärkt modelliertem Rand (Vers. 11, 21 und 31) sind die Unterschiede geringfügig (Abb. 21). Am besten schnitt die Versuchsreihe 31, am schlechtesten die Versuchsreihe 11 ab.

Versuch 10

	Mittelwert	Standardabweichung
Meßpunkt 1	20,075 Skt = 52,195 µ	9,928 Skt
Meßpunkt 2	18,725 Skt = 48,685 µ	7,675 Skt
Meßpunkt 3	16,325 Skt = 42,445 µ	5,985 Skt
Meßpunkt 4	14,000 Skt = 36,400 µ	5,456 Skt
Meßpunkt 5	12,250 Skt = 31,850 µ	4,884 Skt
Meßpunkt 6	11,550 Skt = 30,03 µ	4,042 Skt
Meßpunkt 7	9,750 Skt = 25,35 µ	3,823 Skt
Meßpunkt 8	9,900 Skt = 25,74 µ	4,038 Skt
Meßpunkt 9	9,200 Skt = 23,92 µ	3,197 Skt
Meßpunkt 10	8,625 Skt = 22,425 µ	3,685 Skt

Tab.Nr. 2
Mittelwert und Standardabweichung für die an jedem Meßpunkt (1 - 10) ermittelten Meßwerte aller 10 Kronen von Versuch 10

Versuch 11

	Mittelwert	Standardabweichung
Meßpunkt 1	4,775 Skt = 12,415 µ	2,993 Skt
Meßpunkt 2	5,125 Skt = 13,325 µ	3,838 Skt
Meßpunkt 3	6,300 Skt = 16,38 µ	4,714 Skt
Meßpunkt 4	7,925 Skt = 20,60 µ	5,027 Skt
Meßpunkt 5	8,725 Skt = 22,68 µ	4,924 Skt
Meßpunkt 6	9,450 Skt = 24,570 µ	5,244 Skt
Meßpunkt 7	10,025 Skt = 26,CO µ	4,988 Skt
Meßpunkt 8	10,275 Skt = 26,71 µ	4,852 Skt
Meßpunkt 9	10,600 Skt = 27,560 µ	5,129 Skt
Meßpunkt 10	10,350 Skt = 26,91 µ	4,508 Skt

Tab.Nr. 3
Mittelwert und Standardabweichung für die an jedem Meßpunkt (1 - 10) ermittelten Meßwerte aller 10 Kronen von Versuch 11

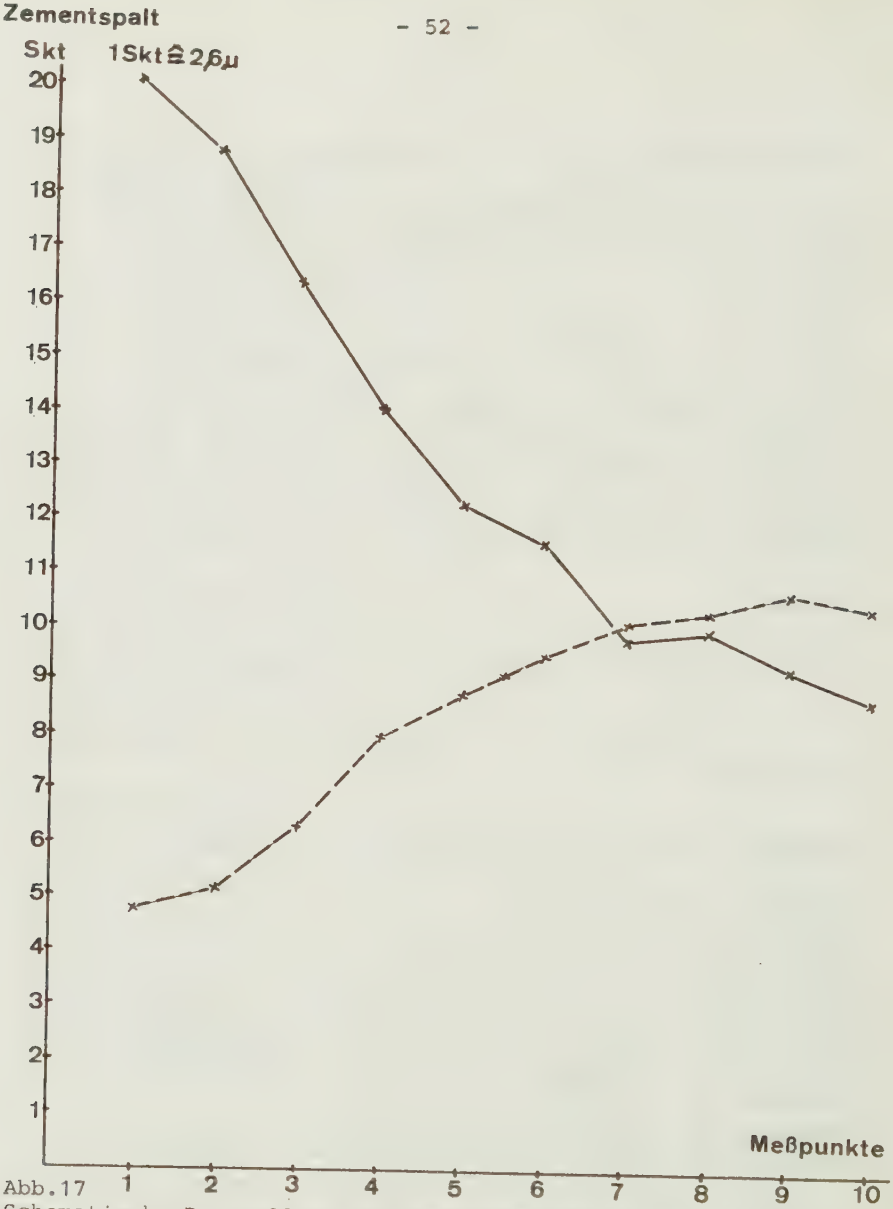

Abb.17
Schematische Darstellung der Zementspaltbreite zwischen aufzementierter Krone und Zahnstumpf der Versuchsreihe:
——Versr.10: Adaptieren einer Wachsplatte, Rand dünn auslaufend.
----Versr.11: Adaptieren einer Wachsplatte, Rand verstärkt
Jedes x steht für den Mittelwert aus zehn Meßwerten an einem Meßpunkt, wobei Meßpunkt 1 direkt an der Präparationsgrenze liegt und Meßpunkt 10 etwa 3mm darüber. Es ist deutlich zu erkennen, daß bei Versr.11 die Meßwerte in der Nähe der Präparationsgrenze wesentlich kleiner sind wie bei Versr.10.

Versuch 20

	Mittelwert	Standardabweichung
Meßpunkt 1	7,300 Skt = 18,980 µ	5,197 Skt
Meßpunkt 2	7,600 Skt = 19,760 µ	5,503 Skt
Meßpunkt 3	8,425 Skt = 21,900 µ	5,637 Skt
Meßpunkt 4	10,100 Skt = 26,260 µ	5,810 Skt
Meßpunkt 5	10,825 Skt = 28,140 µ	4,980 Skt
Meßpunkt 6	10,975 Skt = 28,53 µ	4,250 Skt
Meßpunkt 7	11,250 Skt = 29,25 µ	4,018 Skt
Meßpunkt 8	11,575 Skt = 30,09 µ	4,747 Skt
Meßpunkt 9	10,900 Skt = 28,34 µ	4,427 Skt
Meßpunkt 10	11,500 Skt = 29,90 µ	4,682 Skt

Tab.Nr. 4
Mittelwert und Standardabweichung für die an jedem Meßpunkt (1 - 10) ermittelten Meßwerte aller 10 Kronen von Versuch 20

Versuch 21

	Mittelwert	Standardabweichung
Meßpunkt 1	4,425 Skt = 11,50 µ	3,334 Skt
Meßpunkt 2	4,250 Skt = 11,05 µ	3,135 Skt
Meßpunkt 3	4,800 Skt = 12.48 µ	3,075 Skt
Meßpunkt 4	5,700 Skt = 14,82 µ	2,812 Skt
Meßpunkt 5	6,225 Skt = 16,18 µ	2,760 Skt
Meßpunkt 6	6,750 Skt = 17,55 µ	2,904 Skt
Meßpunkt 7	6,275 Skt = 16,31 µ	2,068 Skt
Meßpunkt 8	6,475 Skt = 16,83 µ	2,998 Skt
Meßpunkt 9	5,950 Skt = 15,47 µ	2,874 Skt
Meßpunkt 10	6,275 Skt = 16,31 µ	3,326 Skt

Tab.Nr. 5
Mittelwert und Standardabweichung für die an jedem Meßpunkt (1 - 10) ermittelten Meßwerte aller 10 Kronen von Versuch 21

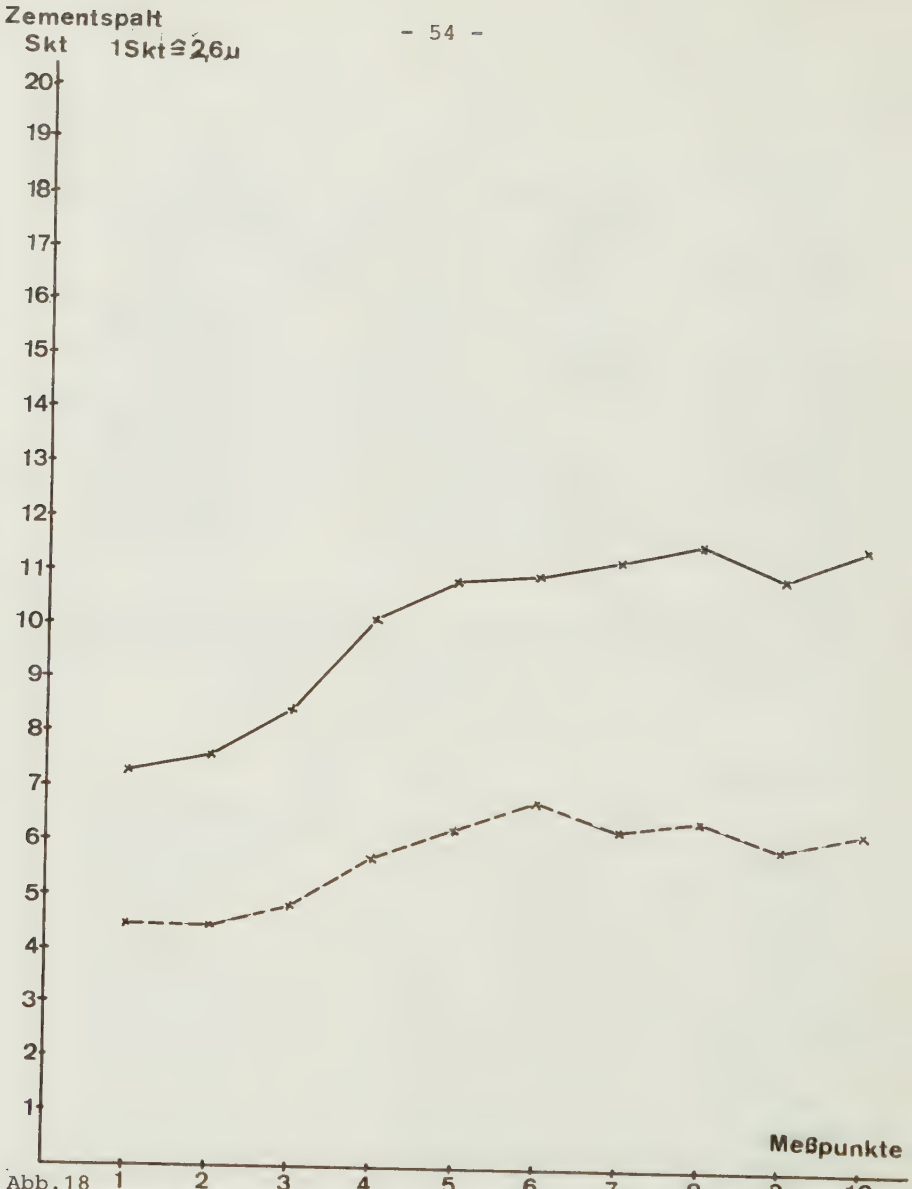

Abb.18
Schematische Darstellung der Zementspaltbreite zwischen aufzementierter Krone und Zahnstumpf der Versuchsreihe:
——Versr.20: Fertigkrone mit dünn auslaufendem Rand
----Versr.21: Fertigkrone mit verstärktem Rand
Jedes x steht für den Mittelwert aus zehn Meßwerten an einem Meßpunkt, wobei Meßpunkt 1 direkt an der Präparationsgrenze liegt und Meßpunkt 10 etwa 3mm darüber. Es ist deutlich zu erkennen, daß bei Versr.21 die Meßwerte in der Nähe der Präparationsgrenze kleiner sind wie bei Versr.20.

Versuch 30

	Mittelwert	Standardabweichung
Meßpunkt 1	14,300 Skt = 37,18 µ	5,690 Skt
Meßpunkt 2	12,400 Skt = 32,24 µ	4,949 Skt
Meßpunkt 3	11,075 Skt = 28,79 µ	5,514 Skt
Meßpunkt 4	10,675 Skt = 27,75 µ	4,165 Skt
Meßpunkt 5	9,700 Skt = 25,22 µ	3,462 Skt
Meßpunkt 6	9,350 Skt = 24,31 µ	3,027 Skt
Meßpunkt 7	9,175 Skt = 23,85 µ	2,912 Skt
Meßpunkt 8	8,725 Skt = 22,68 µ	3,148 Skt
Meßpunkt 9	7,650 Skt = 19,89 µ	2,857 Skt
Meßpunkt 10	7,400 Skt = 19,24 µ	2,981 Skt

Tab.Nr. 6
Mittelwert und Standardabweichung für die an jedem Meßpunkt (1 - 10) ermittelten Meßwerte aller 10 Kronen von Versuch 30

Versuch 31

	Mittelwert	Standardabweichung
Meßpunkt 1	3,050 Skt = 7,93 µ	2,406 Skt
Meßpunkt 2	2,550 Skt = 6,63 µ	2,378 Skt
Meßpunkt 3	3,300 Skt = 8,58 µ	2,648 Skt
Meßpunkt 4	4,425 Skt = 11,50 µ	3,819 Skt
Meßpunkt 5	5,775 Skt = 15,00 µ	3,757 Skt
Meßpunkt 6	6,850 Skt = 17,81 µ	4,184 Skt
Meßpunkt 7	7,800 Skt = 20,28 µ	3,962 Skt
Meßpunkt 8	8,025 Skt = 20,86 µ	4,047 Skt
Meßpunkt 9	7,600 Skt = 19,76 µ	3,895 Skt
Meßpunkt 10	8,125 Skt = 21,12 µ	4,292 Skt

Tab.Nr. 7
Mittelwert und Standardabweichung für die an jedem Meßpunkt (1 - 10) ermittelten Meßwerte aller 10 Kronen von Versuch 31

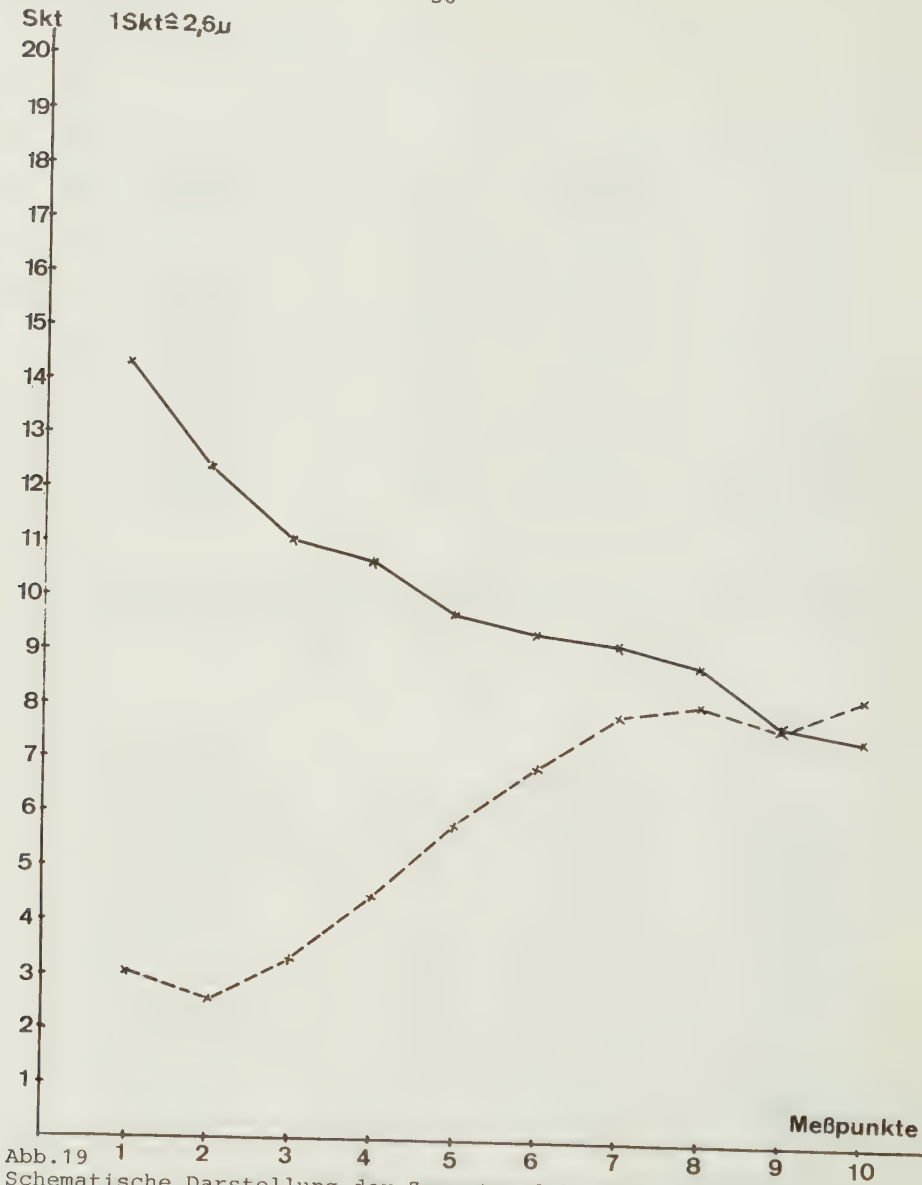

Abb.19
Schematische Darstellung der Zementspaltbreite zwischen aufzementierter Krone und Zahnstumpf der Versuchsreihe:
———Versr.30: Krone getaucht mit dünn auslaufendem Rand
----Versr.31: Krone getaucht mit verstärktem Rand
Jedes x steht für den Mittelwert aus zehn Meßwerten an einem Meßpunkt, wobei Meßpunkt 1 direkt an der Präparationsgrenze liegt und Meßpunkt 10 etwa 3mm darüber. Es ist deutlich zu erkennen, daß bei Versr.31 die Meßwerte in der Nähe der Präparationsgrenze kleiner sind wie bei Versr.30.

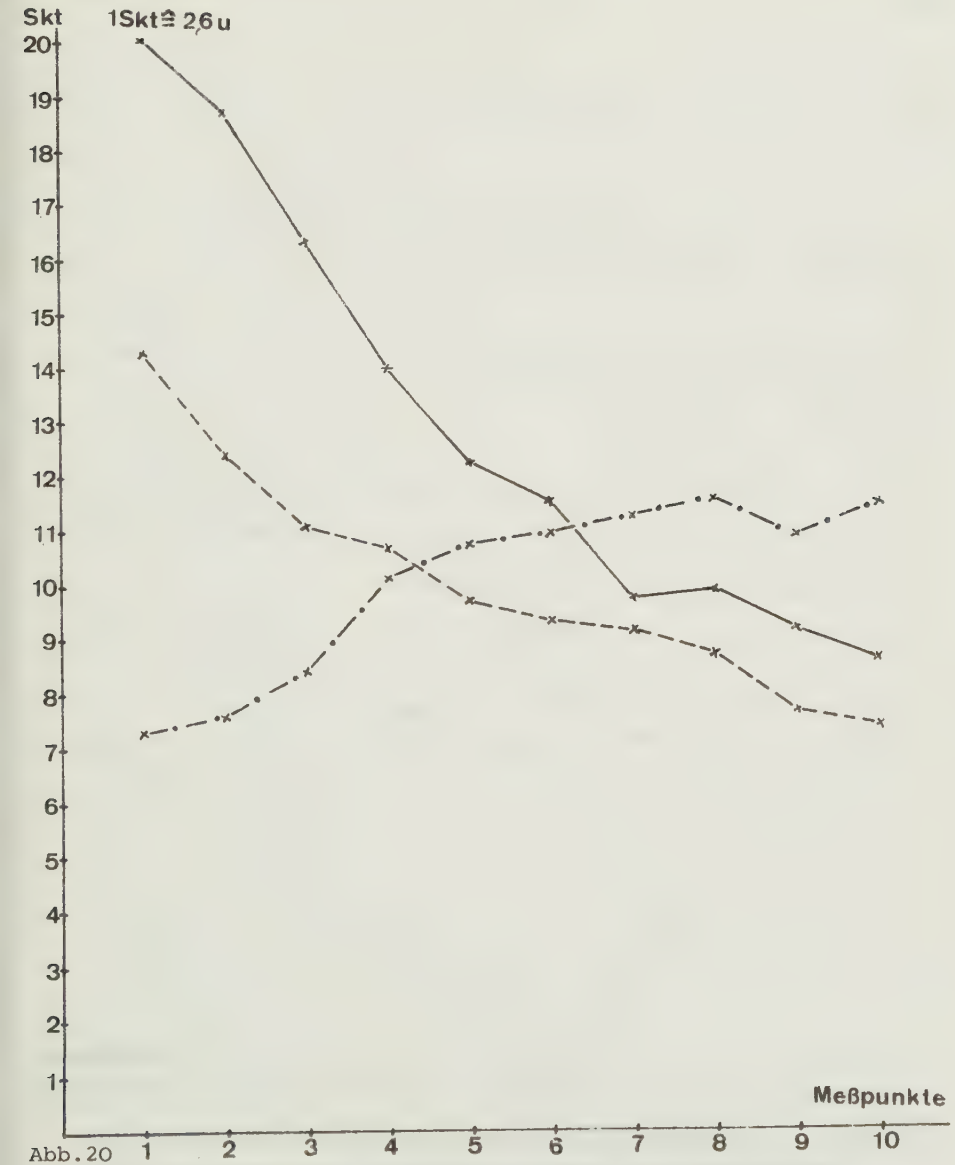

Abb.20
Vergleich der Zementspaltbreiten der Modellationstechniken mit dünn auslaufend modelliertem Kronenrand (Versr.10, 20 und 30)
——Versr.10: Adaptieren einer Wachsplatte, Rand dünn auslaufend
-·-·Versr.20: Fertigkrone mit dünn auslaufendem Rand
----Versr.30: Krone getaucht mit dünn auslaufendem Rand
Jedes x steht für den Mittelwert aus zehn Meßwerten an einem Meßpunkt, wobei Meßpunkt 1 direkt an der Präparationsgrenze liegt.

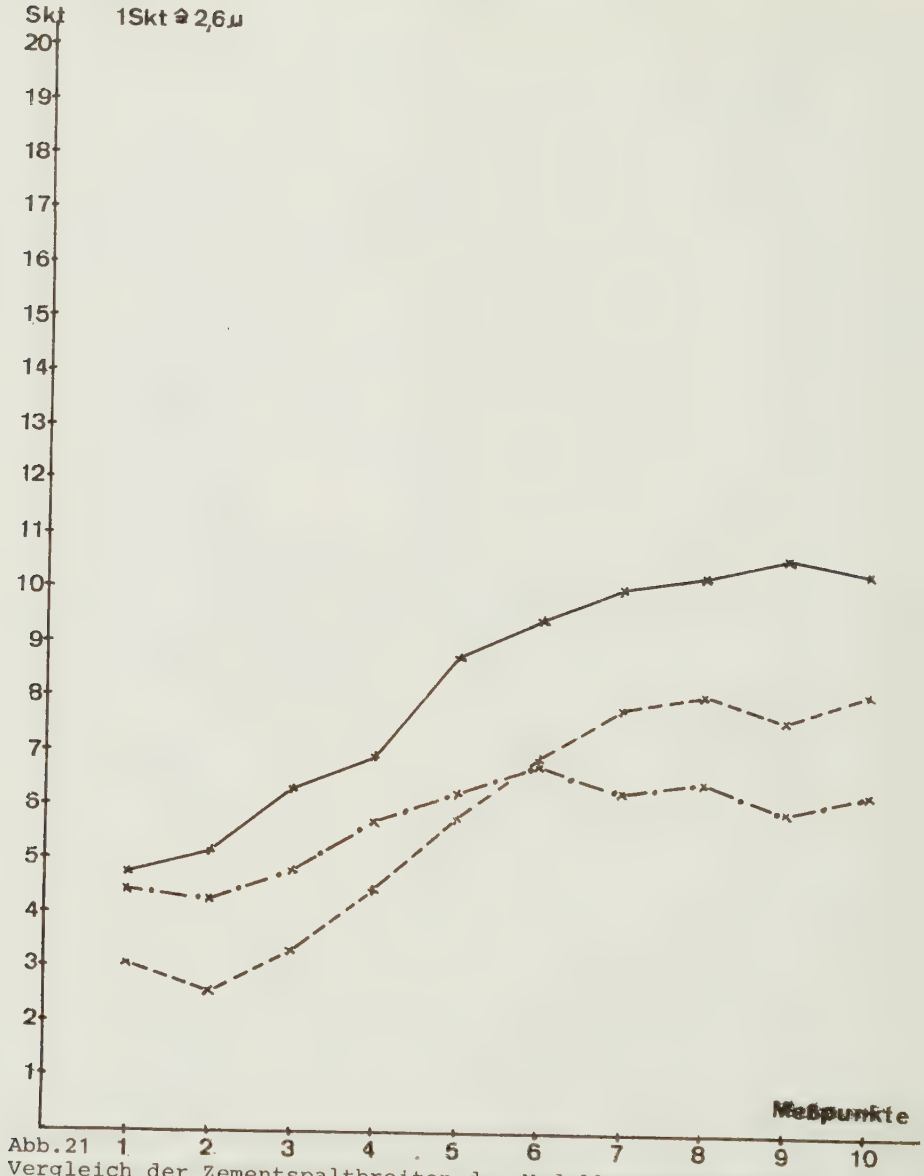

Abb.21
Vergleich der Zementspaltbreiten der Modellationstechniken mit verstärktem Rand (Versr.11, 21 und 31)
———Versr.11: Adaptieren einer Wachsplatte, Rand verstärkt
-·-·Versr.21: Fertigkrone mit verstärktem Rand
----Versr.31: Krone getaucht mit verstärktem Rand
Jedes x steht für den Mittelwert aus zehn Meßwerten an einem Meßpunkt, wobei Meßpunkt 1 direkt an der Präparationsgrenze liegt.

IV.3.4. Relative Häufigkeitsverteilung mit Originalhistogramm

Zur übersichtlichen Darstellung der, pro Versuchsreihe für die Zementspaltbreite, am häufigsten aufgetretenen Meßwerte wurden Histogramme hergestellt.
Insgesamt wurden pro Versuchsreihe von allen 10 Kronen 200 Meßwerte (in Skt) für ein Originalhistogramm des Telefunken TR 440 Computers ausgewertet.
Diese Originalhistogramme geben die relative Häufigkeit gleicher Meßwerte (in Skt) der jeweiligen Versuchsreihe in % wieder, wobei die Meßwerte in 6 Klassengrenzen mit jeweils 6 Skalenteilen eingeteilt sind.

Originalhistogramm

Klassengrenze 1: von	0 - 6 Skt	≙ 0,0	- 6,000E+00
Klassengrenze 2: von	6 - 12 Skt	≙ 6,000E+00	- 1,200E+01
Klassengrenze 3: von	12 - 18 Skt	≙ 1,200E+01	- 1,800E+01
Klassengrenze 4: von	18 - 24 Skt	≙ 1,800E+01	- 2,400E+01
Klassengrenze 5: von	24 - 30 Skt	≙ 2,400E+01	- 3,000E+01
Klassengrenze 6: von	30 - 36 Skt	≙ 3,000E+01	- 3,600E+01

Beim Vergleich der Originalhistogramme von Versuchsreihen, die sich in ihrer Modellationstechnik nur durch die Randmodellation (dünn auslaufender Kronenrand bzw. verstärkter Kronenrand) unterscheiden, also Versuchsreihe 10 und 11, 20 und 21, 30 und 31, fällt auf, daß bei den Modellationstechniken mit verstärkt modelliertem Rand (Versr. 11, 21,31) die Mehrzahl der Meßwerte in den unteren Klassengrenzen von

0 - 12 Skt (= 0 - 31 µ) liegen (Abb. 23, 25 und 27).

Am besten schneidet bei den Modellationstechniken mit verstärktem Rand die Versuchsreihe 31 ab mit 60,75% aller Meßwerte in der Klassengrenze 1 zwischen 0 - 6 Skt (= 0 - 16 µ) (Abb. 27).
Am schlechtesten liegt die Versuchsreihe 11 mit nur 37,75% aller Meßwerte in der Klassengrenze 1 zwischen 0 - 6 Skt (= 0 - 16 µ) (Abb. 23).
Bei den Modellationstechniken mit dünn auslaufend modelliertem Rand (Versr. 10, 20, 30) fällt die Mehrzahl der Meßwerte in die Klassengrenzen von 6 - 18 Skt (= 16 - 47 µ) (Abb. 22, 24, 26).
Hier schneidet die Versuchsreihe 20 mit 23% aller Meßwerte in der Klassengrenze 1 zwischen 0 - 6 Skt (= 0 - 16 µ) am besten ab (Abb. 24).
Am schlechtesten mit nur 12,5% aller Meßwerte in der Klassengrenze 1 zwischen 0 - 6 Skt (= 0 - 16 µ) war die Versuchsreihe 10 (Abb. 22).

Auch diese statistische Auswertung bestätigt, daß bei jeder Modellationstechnik, die mit verstärkter, tropfenförmiger Kronenrandmodellation erfolgte, ein schmalerer Zementspalt zu erwarten ist, als bei Modellationstechniken mit dünn auslaufend modelliertem Kronenrand.

- Versuchsreihe 10 -

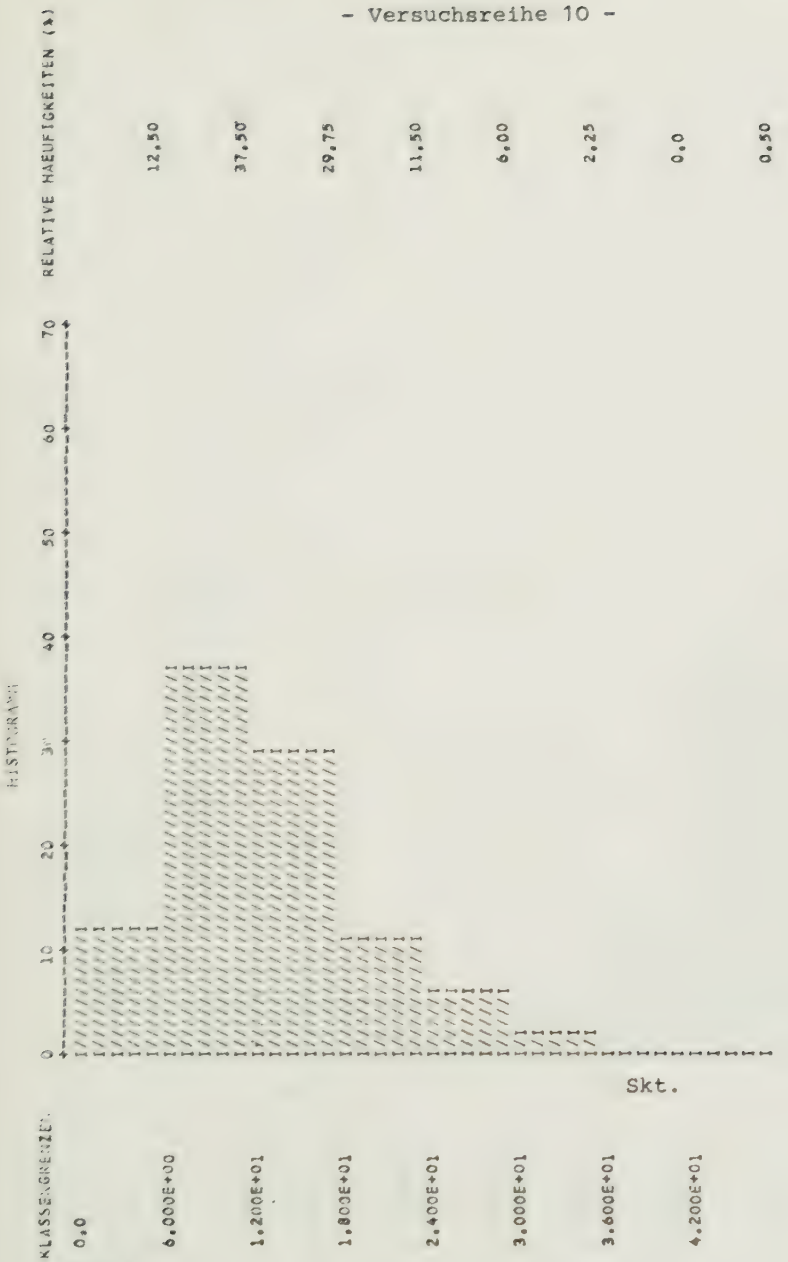

Abb.22
Originalhistogramm des Telefunken TR 440 Computers
Darstellung der prozentualen Häufigkeit der aufgetretenen Spaltbreiten (in Skt) bei Versr.10 (Adaptieren einer Wachsplatte, Rand dünn auslaufend)
Es wurden 200 Meßwerte der Kronen von Versr.10 in 6 Klassengrenzen zu je 6 Skt aufgegliedert.

- Versuchsreihe 11 -

Abb.23
Originalhistogramm des Telefunken TR 440 Computers
Darstellung der prozentualen Häufigkeit der aufgetretenen Spaltbreiten (in Skt) bei Versr.11 (Adaptieren einer Wachsplatte mit verstärktem Kronenrand)
Es wurden 200 Meßwerte der Kronen von Versr.11 in 6 Klassen

- Versuchsreihe 20 -

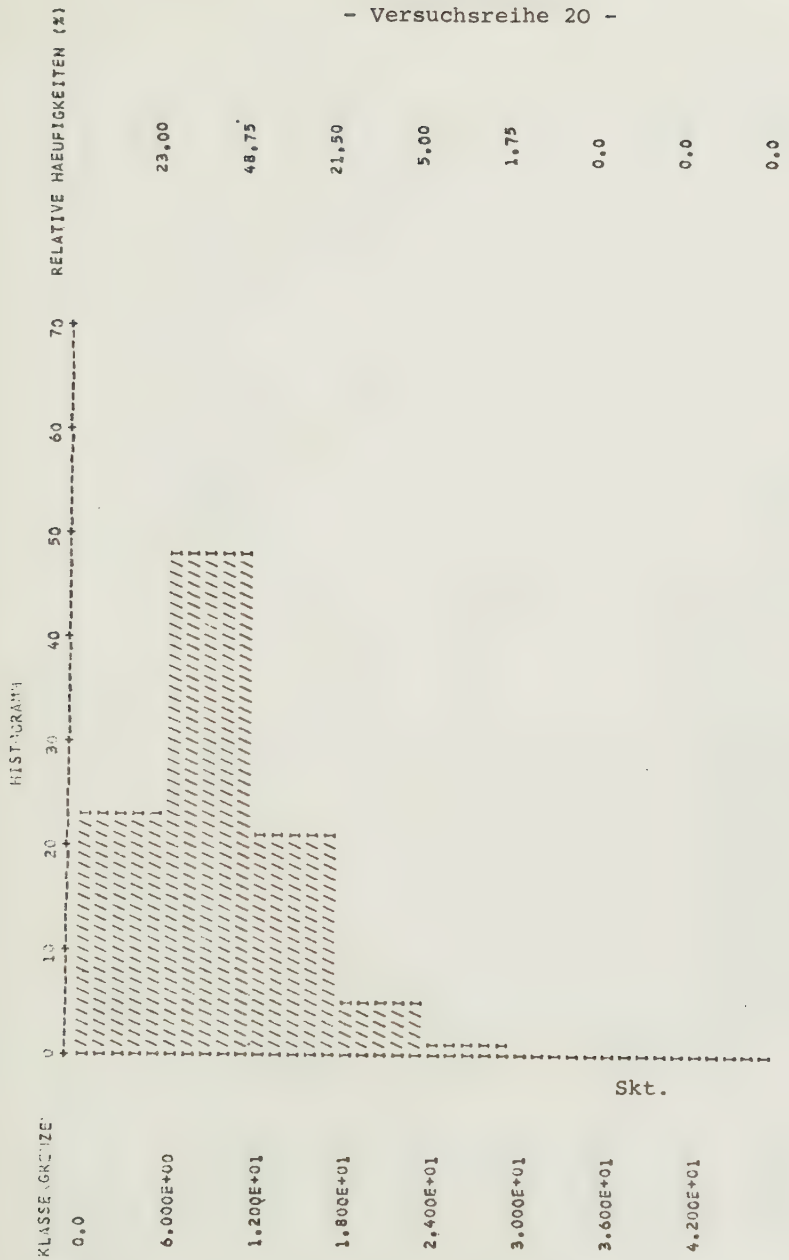

Abb.24
Originalhistogramm des Telefunken TR 440 Computers
Darstellung der prozentualen Häufigkeit der auftretenden Spaltbreiten (in Skt) bei Versr.20 (Fertigkrone mit dünn auslaufendem Kronenrand)
Es wurden 200 Meßwerte der Kronen von Versr.20 in 6 Klassengrenzen zu je 6 Skt aufgegliedert.

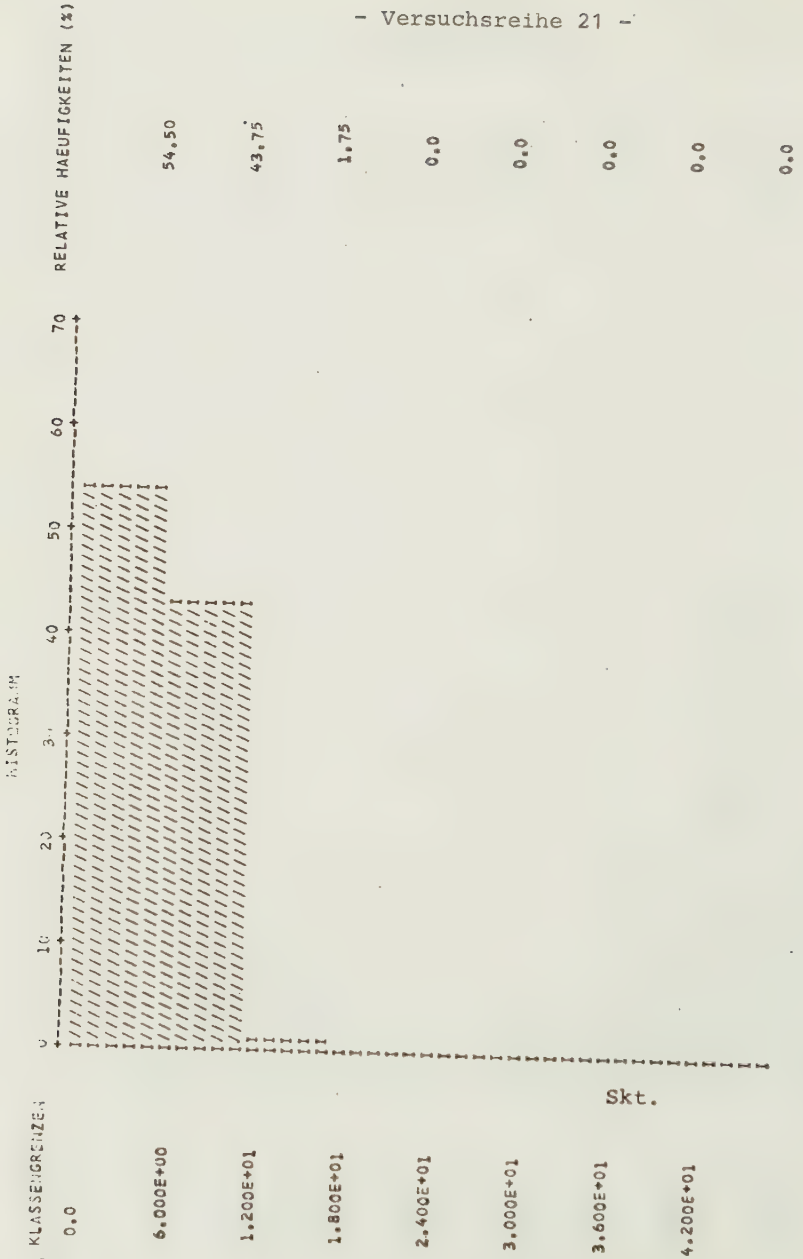

Abb.25
Originalhistogramm des Telefunken TR 440 Computers
Darstellung der prozentualen Häufigkeit der aufgetretenen Spaltbreiten (in Skt) bei Versr.21 (Fertigkrone mit verstärktem Kronenrand)
Es wurden 200 Meßwerte der Kronen von Versr.21 in 6 Klas-

- Versuchsreihe 30 -

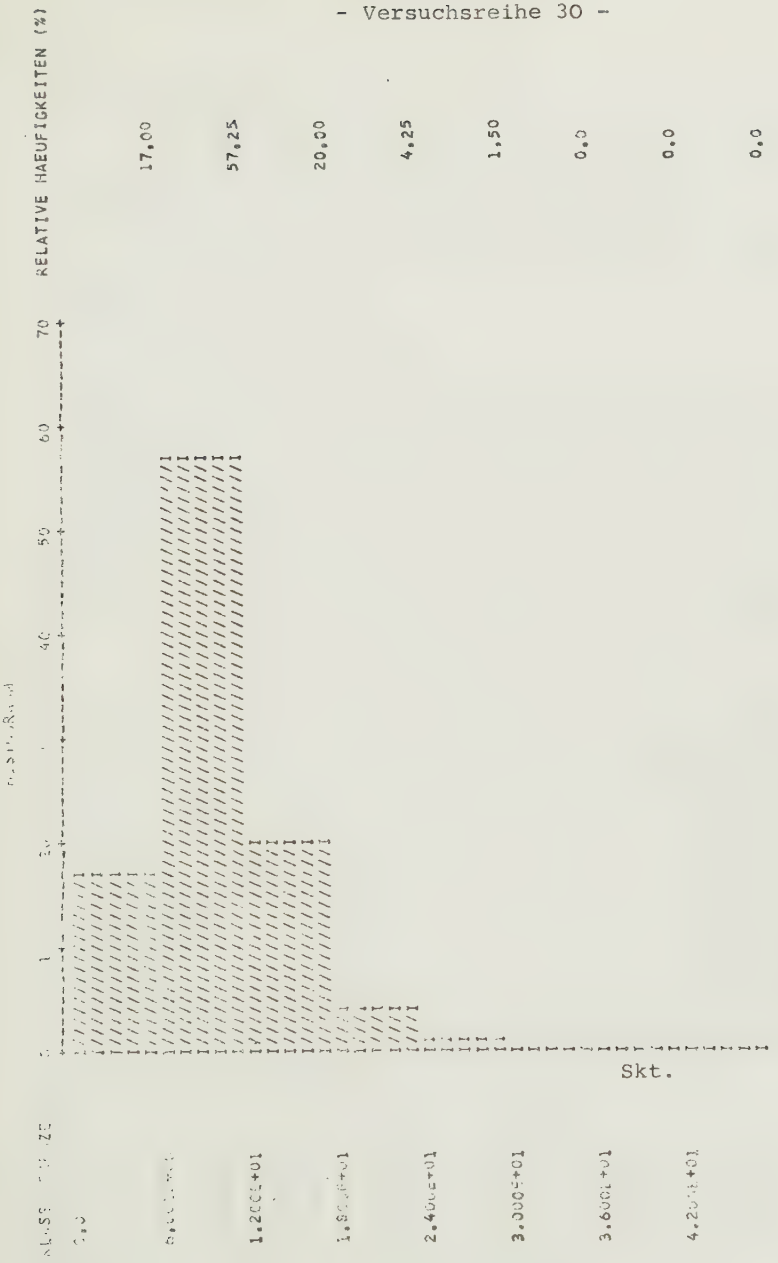

Abb.26
Originalhistogramm des Telefunken TR 440 Computers
Darstellung der prozentualen Häufigkeit der aufgetretenen Spaltbreiten (in Skt) bei Versr.30 (Krone getaucht mit dünn auslaufendem Kronenrand)
Es wurden 200 Meßwerte der Kronen von Versr.30 in 6 Klassengrenzen zu je 6 Skt aufgegliedert.

- Versuchsreihe 31 -

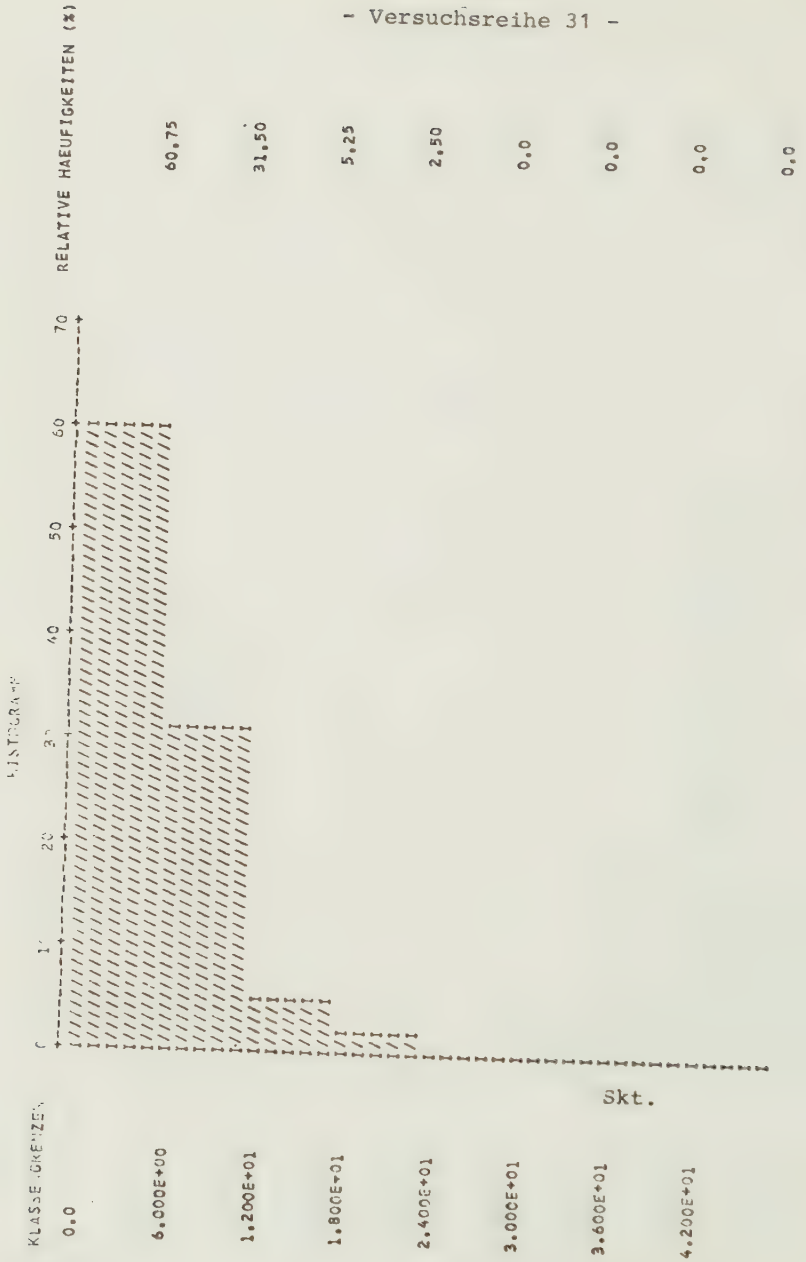

Abb.27
Originalhistogramm des Telefunken TR 440 Computers
Darstellung der prozentualen Häufigkeit der aufgetretenen Spaltbreiten (in Skt) bei Versr.31 (Krone getaucht mit verstärktem Kronenrand)
Es wurden 200 Meßwerte der Kronen von Versr.31 in 6 Klas-

IV.3.5. Varianzanalyse

Um feststellen zu können, inwiefern signifikante Unterschiede innerhalb der verschiedenen Versuchsreihen bestehen , wurden mit Hilfe der Varianzanalyse folgende Punkte untersucht:

- Unterscheiden sich die verschiedenen Versuchsreihen signifikant in dem Faktor A (Modellationstechnik) und dem Faktor B (verstärkt oder dünn auslaufende Randmodellation) ?
  Ergebnis: Sowohl bei Faktor A als auch bei Faktor B bestehen signifikante Unterschiede innerhalb der verschiedenen Versuchsreihen.

- Bestehen innerhalb der verschiedenen Versuchsreihen signifikante Unterschiede der, für die Zementspaltbreite einer Versuchsreihe berechneten Mittelwerte?
  Ergebnis: siehe Tabelle Nr. 8

	10	20	30	11	21	31
10	--	S	S	S	S	S
20	S	--	N	S	S	S
30	S	N	--	S	S	S
11	S	S	S	--	S	S
21	S	S	S	S	--	N
31	S	S	S	S	N	--

S = signifikant ; N = nicht signifikant

Es bestehen keine signifikanten Unterschiede zwischen Versuchsreihe 20 und 30 und zwischen Versuchsreihe 21 und 31 (siehe Tab.Nr. 8).

Bei Versuchsreihe 20 und 30 waren die Mittelwerte bei beiden Modellationstechniken mit 10,04 Skt (= 26 µ) gleich, während die Standardabweichungen bei Versuchsreihe 20 mit 5,1 Skt und bei Versuchsreihe 30 mit 4,4 Skt nur um 0,7 Skt differierte.

Die Mittelwerte von Versuchsreihe 21 und 31 unterscheiden sich nur um 0,04 Skt und die Standardabweichung von Versuchsreihe 21 war mit 3 Skt nur um 1,1 Skt geringer wie die von Versuchsreihe 31 mit 4,11 Skt.

-Lassen sich die, an jedem Meßpunkt (von 1 - 10) für die Zementspaltbreite einer Versuchsreihe, berechneten Mittelwerte innerhalb aller Versuchsreihen signifikant unterscheiden?

Unter Berücksichtigung des Faktors A (Modellationstechnik) und des Faktors B (verstärkt oder dünn auslaufende Randmodellation) wurde geprüft, ob sich die Mittelwerte an jedem Meßpunkt (von 1 - 10) bei allen Versuchsreihen signifikant unterscheiden.

Ergebnis: siehe Tabelle Nr. 9

Mittelwert des Zementspaltes am:	Faktor A (Modellationstechniken d. Versr.10-31)	Faktor B (Randmodellation verstärkt oder dünn auslaufend)
Meßpunkt 1	S	S
Meßpunkt 2	S	S
Meßpunkt 3	S	S
Meßpunkt 4	S	S
Meßpunkt 5	N	S
Meßpunkt 6	N	S
Meßpunkt 7	N	S
Meßpunkt 8	N	N
Meßpunkt 9	N	N
Meßpunkt 10	N	N

S = signifikant ; N = nicht signifikant

Tab. Nr. 9

Die Tab.Nr. 9 zeigt, daß sich bei sämtlichen Versuchsreihen nur innerhalb der ersten 4 Meßpunkte, also im Bereich der Präparationsgrenze, für beide Faktoren A und B signifikante Unterschiede bezüglich der für die Zementspaltbreite berechneten Mittelwerte ergeben. Für die Faktoren B finden sich noch bis zum Meßpunkt 7 signifikante Unterschiede.
Ab Meßpunkt 8 lassen sich die, für die Zementspaltbreite berechneten Mittelwerte der verschiedenen Versuchsreihen nicht mehr signifikant von einander unterscheiden.

V. Diskussion

Der Herstellungsgang einer Vollgußkrone beeinflußt ausschlaggebend den guten Randschluß zwischen Gußobjekt und Zahnhartsubstanz und bedingt damit die klinische Ungenauigkeit. Diese ist unter anderem auch verantwortlich für das Auftreten von Parodontopathien und Kariesrezidiven. Für die klinische Genauigkeit einer Krone kommt es jedoch nur auf den äußeren Übergang zwischen Kronenrand und Zahnhartsubstanz an, während die Spaltgröße weiter okklusalwärts nicht von Bedeutung ist.
Nach H.EINFELDT (16) ist es mit der heutigen "indirekten Arbeitsmethode" möglich, Kronen von optimaler Präzision herzustellen. Ob diese Behauptung gerechtfertigt ist und wie durch verschiedene Modellationstechniken und Randmodellationen die klinische Genauigkeit noch verbessert werden kann, sollte in dieser Arbeit untersucht werden.

V.1. Ergebnisse

Die statistische Auswertung der Meßergebnisse gestattet eine Beantwortung der in der Aufgabenstellung aufgeworfenen Frage:

> Die klinische Genauigkeit des Kronenrandes ist durch Modellationstechnik und die Randmodellation zu beeinflussen !

Von besonderem Interesse ist die Tatsache, daß bei allen

Modellationstechniken mit tropfenförmig verstärkt modelliertem Kronenrand (Versr. 11, 21 und 31) durchweg bessere Meßergebnisse als bei denselben Modellationstechniken mit dünn auslaufend modelliertem Kronenrand (Versr. 10, 20 und 30) erzielt wurden.

Der Forderung nach dem "exakten Randschluß" mit einem eben noch nachweisbaren Randspalt von 20 µ Breite, wie sie H.J.REHBERG (50) stellt, konnten wir mit den Versuchsreihen 11, 21 und 31 voll genügen.

Bei Versuchsreihe 11 (Adaptieren einer Wachsplatte mit verstärkt modelliertem Rand) wurde eine durchschnittliche Zementspaltbreite von 21,7 µ berechnet. Bei Versuchsreihe 31 (Krone getaucht mit verstärkt modelliertem Kronenrand) wurde ein Zementspaltmittelwert von 14,9 µ erzielt und Versuchsreihe 21 (Fertigkrone mit angeschwemmtem verstärkt modelliertem Kronenrand) schnitt mit 14,8 µ durchschnittlicher Zementspaltbreite am besten ab.

Nach diesen Ergebnissen zu urteilen kommt es demnach weniger auf die Modellationstechnik als vielmehr auf die richtige Randmodellation, nämlich der verstärkten Randmodellation an.

Dieser Vorschlag ist einleuchtend, wenn man die Meßergebnisse der Versuchsreihen 10, 20 und 30 betrachtet und mit denen der Versuchsreihen 11, 21 und 31 vergleicht (Abb. 16)

Versuchsreihe 10 (Adaptieren einer Wachsplatte mit dünn auslaufend modelliertem Kronenrand) schnitt mit einer durchschnittlichen Zementspaltbreite von 33,9 µ am schlechtesten ab, während Versuchsreihe 20 (Fertigkrone mit angeschwemmtem

Kronenrand, dünn auslaufend) und Versuchsreihe 30 (Krone getaucht mit dünn auslaufend modelliertem Kronenrand) sich mit einer mittleren Zementspaltbreite von 26,1 µ die Waage halten.
Obwohl auch diese Werte für die Zementspaltbreite den Anforderungen vieler Autoren (z.B. H.EINFELDT (16) und R.VOSS (63) sprechen von ca. 50 µ) genügen, wird deutlich, daß mit der tropfenförmig verstärkten Randmodellation bessere Ergebnisse zu erzielen sind.

Um bei jeder Versuchsreihe den genauen Verlauf des Kronenrandspaltes im Bereich der Präparationsgrenze verfolgen zu können, wurde noch an jedem Meßpunkt (1 - 10) von allen 10 Kronen einer Versuchsreihe die durchschnittliche Zementspaltbreite berechnet und tabellarisch (Tab. 2 - 7) und graphisch (Abb. 17 - 21) dargestellt. Hierbei zeigte sich, daß bei den Versuchsreihen 11, 21 und 31 die niedrigsten Meßwerte für die Zementspaltbreite im Bereich der Präparationsgrenze auftraten (Abb. 21), während umgekehrt bei den Versuchsreihen 10 und 30 die Meßwerte für den Zementspalt in der Nähe der Präparationsgrenze größer waren, als weiter okklusalwärts (Abb. 20). Eine Ausnahme machte hier Versuchsreihe 20, bei der die Meßwerte für den Zementspalt in Präparationsgrenzennähe kleiner waren wie weiter okklusalwärts.

Diese Abweichung von der Norm ist nicht eindeutig zu erklären, könnte aber darauf zurückzuführen sein, daß bei Verwendung von Fertigkronen wesentlich geringere Spannungen in-

nerhalb der Wachskrone auftreten als bei den übrigen Modellationstechniken. Bei sämtlichen Versuchsreihen waren die an den Meßpunkten 1 - 4 für die Zementspaltbreite berechneten Mittelwerte signifikant zu unterscheiden (Tab. Nr. 9).

V.2. Schlußfolgerung

In dieser Arbeit wurde bestätigt, daß bei exakter Abstimmung der einzelnen Arbeitsgänge wie Abdrucknahme, Modellherstellung, Modellations- und Gußtechnik durchaus präzise, den Anforderungen der Wissenschaft genügende Gußkronen herzustellen sind, wobei die Anwendung der tropfenförmig verstärkten Randmodellation eine wesentliche Verbesserung der Präzision im Kronenrandbereich bewirkte. Dafür gibt es folgende Gründe:

1. Der verstärkte Wachsrand setzt einem eventuellen Aufbiegen beim Abziehen der Wachskrone genügenden Widerstand entgegen.
2. Der verstärkte Wachsrand fließt beim Gießen besser aus.
3. Beim Ausarbeiten des Kronenrandes ist genügend Material vorhanden.
4. Nach E.SCHRAFT expandieren eingebettete Wachskronen im Randbereich stärker als im Bereich der Kaufläche. Diese unterschiedliche Expansion könnte durch den verstärkten Wachsrand ausgeglichen werden.

VI. Zusammenfassung

Untersucht wurde das Dimensionsverhalten des Kronenrandspaltes in Abhängigkeit von der Modellationstechnik. Insgesamt wurden 60 Frasacozähne flach konisch präpariert und jeweils von 10 Kronen, die zuvor zahnkranzartig in Gips fixiert wurden, ein Korrekturabdruck mit einem normalen perforierten Löffel genommen. Dieser Abdruck wurde mit Vel-Mix-Stone ausgegossen und auf den herausgesägten, mit cervikaler Rille versehenen Stümpfen Vollgußkronen nach verschiedenen Modellationstechniken hergestellt. Die klinisch verwertbaren Kronen wurden gleich nach Abtrennen von den Gußstiften abgesäuert und ohne Ausarbeitung auf die Originalstümpfe zementiert. Nach dem Zementieren wurden sie in Epoxydharz eingebettet, anschließend in zwei Hälften gesägt und jeweils Planschliffe pro Krone hergestellt. Die Vermessung der Zementspaltbreite erfolgte mit dem Meßmikroskop. Pro Kronenhälfte wurden 20 Messungen am Kronenrand vorgenommen, 10 auf jeder Seite. Dabei wurden nach statistischer Auswertung folgende Mittelwerte, bezogen auf den gesamten Randspalt ermittelt:

	Randspalt-mittelwert
Versuch 10 (Adaptieren einer Wachsplatte; Kronenrand dünn auslaufend)	33,9 µ
Versuch 11 (Adaptieren einer Wachsplatte; Kronenrand verstärkt modelliert)	21,7 µ
Versuch 20 (Fertigkrone mit angeschwemmtem Kronenrand, dünn auslaufend)	26,1 µ

was die Randspaltbreite anbelangt, deutlich überlegen. Allerdings liegen die Meßwerte der Modellationstechniken mit dünn verlaufendem Rand (Werte unter 50 µ) noch im Bereich der Anforderungen der Wissenschaft.
Der verstärkte Kronenrand ist jedoch schon deshalb zu befürworten, da neben einer geringeren Randspaltbreite die Gefahr der Verkürzung des Kronenrandes beim Ausarbeiten desselben nicht so groß ist, wie beim dünn verlaufenden Kronenrand.

VII. Literaturverzeichnis

1. BECK, K.H.: "Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren und ihre praktische Auswertung." Dtsch.zahnärzt.Z. 13, 470-480 (1958)

2. BERGMANN, H. und KÖRBER, E.: "Untersuchungen über neue Abdruckmaterialien für Kronen und Brücken." Dtsch.zahnärzt.Z. 21, 944-948 (1966)

3. BRILL, N.: "The gingival pocket fluid." Acta Odont.Scand. 20, Suppl. 32 (1962)

4. BRODBELT, R.H.W.: "Improving cervical margins of gold shell crowns." Dent.Practit. 19, 15-16 (1968)

5. CAESAR, H.H.: "Versuchsreihe über Abdruck und Modellmaterial." Dent.Labor 19, 24-26 (1971)

6. CAVALLI-SFORZA, L.: "Biometrie, Grundzüge biologisch-medizinischer Statistik." 3. Aufl. Stuttgart: Fischer (1972)

7. DANNEMANN, H.J.: "Der Streubereich des Wasser-Pulververhältnisses von zahnärztlichen Hartgipsen in der Praxis und seine Auswirkungen auf Expansion, Biegefestigkeit und Härte." Med.Diss.Tübingen, (1975)

8. DEGUSSA: DEGUSSA-Brief 42, XII (1972) DEGUSSA G.B.Dental und Goldhalbzeug, Frankfurt.

9. DEMMEL, H.J.: "Der Einfluß verschiedener Zementsorten auf den Randschluß paßgenauer Kronen." Dtsch.zahnärztl.Z. 76, 700-705 (1971)

10. DREYER-JØRGENSEN, K.: "Prüfungsergebnisse zahnärztlicher Gußverfahren." Dtsch.zahnärztl.Z. 13, 461-469 (1958)

11. DREYER-JØRGENSEN, K.: "Praktische Anleitung in der odontologischen Technologie für Klinik und Laboratorium." Quintess.zahnärztl.Lit. Ref.Nr. 3036, 18-84 (1967)

12. EICHNER, K.: "Der Kronenrand und das marginale Parodontium aus klinischer Sicht." Dtsch.zahnärztl.Z. 24, 741-750 (1969)

13. EICHNER, K.: "Prothetik und Parodontalprophylaxe." Dtsch.zahnärztl.Z. 30, 2-13 (1975)

14. EICHNER, K. und VOSS, R.: "Der Kronenrand." Dtsch.zahnärztl.Z. 17, 742-757 (1971)

15. EIFINGER, F.: "Präparationstechnik und Kavitätenrand."

Dtsch.zahnärztl.Z. 17, 1324-1332 (1962)

16. EINFELDT, H.: "Paßgenauigkeit gegossener Metallarbeiten." Dtsch.zahnärztl.Z. 24, 1087-1093 (1969)

17. FRÖHLICH, E.: "Zahnfleischrand und künstliche Krone in pathologisch-anatomischer Sicht." Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 1252 (1967)

18. FUCHS, P., HENNING, G. und SPRINGER, O.: "Thermoanalytische Untersuchungen an Gips- und phosphatgebundenen Einbettmassen." Dtsch.zahnärztl.Z. 30, 589-599 (1975)

19. FUCHS, W.B. und MAYER, R.: "Eine Methode zur Prüfung des Randschlusses eingesetzter Gußfüllungen." Dtsch.zahnärztl.Z. 25, 625-629 (1970)

20. FUHR, K., SIEBERT, G. und CLÜSSERATH, G.: "Vergleichende systematische Befunderhebung bei Nachuntersuchungen festsitzenden Zahnersatzes." Dtsch.zahnärztl.Z. 27, 530-534 (1972)

21. FUSAYAMA, T.: "Faktoren und Technik von Präzisionsgüssen." Quintess.zahnärztl.Lit. Ref.Nr. 1328 (1951)

22. GERSON, J.: "Cementation of fixed Restorations." J.prosth.Dent. 7, 123-125 (1975)

23. GRAF, HENNING und STANGE: "Formeln und Tabellen der mathematischen Statistik 2." 2.Auflage, Berlin: Springer (1966)

24. GREWE, K.: "Histologische Untersuchungen zur Frage der Schädigung des Parodontiums durch Kronenringe." Dtsch.Mschr.Zahnheilkunde 44, 791 (1926)

25. GROPP, H.P. und SCHWINDLING, R.: "Statistische Feststellungen über fehlerhafte Kronengestaltung mit Folgen auf Zahn, Parodont und Gingiva." Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 734-772 (1971)

26. HOFFMANN, M.: "Der Korrekturabdruck (ein neues Abdruckverfahren für festsitzenden Zahnersatz)." Zahnärztl. Welt/Reform 74, 160-164 (1965)

27. HÜTTNER, G.: "Nachuntersuchungen von Kronen- und Brückenersatz in Bezug auf den Kronenrand und das marginale Parodontium." Med.Diss.Berlin, 1970

28. JANKE, G.: "Über einige neu erprobte Hilfsmittel zur Erzielung präziser

Gußarbeiten."
Dtsch.zahnärztl.Z. 20, 627-629 (1965)

29. JANKE, G.: "Zur Frage der Filmdicke von Befestigunszementen."
Dtsch.zahnärztl.Z. 25, 1061-1063 (1970)

30. JUNG, T. und QUAST, U.: "Das Gußgefüge am Kronenrand."
Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 785-791 (1971)

31. KETTERL, W.: "Erfolge und Mißerfolge bei prothetischen Maßnahmen im parodontalerkrankten Gebiß."
Dtsch.zahnärztl.Z. 21, 87 (1966)

32. KÖRBER, E.: "Nachuntersuchungen von Hülsenkronen."
Dtsch.zahnärztl.Z. 27, 519-525 (1972)

33. KÖRBER, E. und LEHMANN, K.: "Vergleichende Untersuchungen bei Abdruckmaterial für Kronen und Brücken."
Dtsch.zahnärztl.Z. 24, 791-797 (1969)

34. KÖRBER, K.H. und LENZ, P.: "Beitrag zum Problem der Randgestaltung von Ersatzkronen."
Zahnärztl.Welt 77, 440-445 (1968)

35. LEHMANN, K.: "Einführung in die Zahnersatzkunde."
1. Aufl., München-Berlin-Wien: Urban & Schwarzenberg, 1975

36. LEHMANN, K. und Lange, G.: "Vergleichende Untersuchungen über Modellmaterialien für Kronen und Brücken." Dtsch.zahnärztl.Z. 28, 819-823 (1973)

37. LINDER, A.: "Statistische Methoden." 4. Aufl., Basel-Stuttgart: Birkhäuser, 1964

38. LUSTIG, L.P.: Diskussionsbemerkung zu "Beschleifen von Zähnen mit erkennbarer Präparationsgrenze." Dtsch.zahnärztl.Z. 29, 66-67 (1974)

39. MARX, H.: "Untersuchungen über die Wiederverwendbarkeit dentaler Gold-Platin Legierungen." Dtsch.zahnärztl.Z. 28, 916-925 (1973)

40. MARXKORS, R.: (zit. bei VOSS (63)) "Abformung und Modell-praktische Forderungen und wissenschaftliche Grundlagen." Dtsch.zahnärztl.Z. 27, 96-118 (1972)

41. MEINERS, H.: "Temperatureffekte" Zahnärztl.Welt/Reform 82, 448-455 (1973)

42. MEINERS, H. und UNLAND, H.: "Einfluß der thermischen Wachsentspannung auf die Paßgenauigkeit von Gußkronen." Dtsch.zahnärztl.Z. 30, 116-120 (1975)

43. MERKATZ, VON H.E.: "Vergleichende Werkstoffprüfung zahnärztlicher Gipse nach der A.D.A.-Spezifikation Nr. 25. Med.Diss. Tübingen, 1975

44. MOOSLEITNER, R.: "Vergleichsuntersuchungen an Zahnstümpfen mit Band-und Vollgußkronen." Med.Diss.München, 1960

45. ONTRUP, D.: "Die Oberflächengestalt der Zahnhartsubstanz nach der Bearbeitung mit umlaufenden Instrumenten." Dtsch.zahnärztl.Z. 15, 99-104 (1960)

46. PETERS, C.: "Experimentelle Untersuchungen des Randschlusses von Metallkronen." Med.Diss.Kiel, 1966

47. POERTZEL, H.: "Ein vereinfachtes Verfahren für die Herstellung von Edelmetallgußarbeiten in der restaurativen Zahnheilkunde." Quintess.zahnärztl. Lit. Ref.Nr. 3181, 1-7

48. RATHGEB, P.: "Die Isolations-Mikrofilm-Folie Dentape R bei der indirekten Herstellung gegossenen Zahnersatzes." Dtsch.zahnärztl.Z. 27, 929-936 (1972)

49. REHBERG, H.J.: "Eine neue Methode zur Beurteilung der Paßfähigkeit von Gußkörpern."

Dtsch.Zahn-, Mund- und Kieferheilk. 49, 215-219 (1967)

50. REHBERG, H.J.: "Exakter Randschluß, was ist das?" Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 696-699 (1971)

51. REHBERG, H.J.: "Zahnärztliche Wachse." In Eichner: "Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung." 3. Aufl., Heidelberg: Alfred Hüthig, 69-75 (1974)

52. REITHER, W.: "Neue Versuche zur Gußtechnik und ihre Auswertung." Dtsch.zahnärztl.Z. 20, 1252-1258 (1965)

53. REITHER, W. und STECK, W.: "Neue Untersuchungen über die Abbindeexpansion verschiedener Einbettmassen." Dtsch.zahnärztl.Z. 22, 1235-1243 (1967)

54. SCHMEISSNER, H.: "Über die Metall-Vollkrone." Dtsch.Zahnärztebl. 19, 304-310 (1965)

55. SCHMIERER, A.: "Vergleichende Untersuchungen zur Paßgenauigkeit des Kronenrandes." Med.Diss.Tübingen, 1976

56. SCHRAFT, E.: "Untersuchungen der Dimensionsänderung von gegossenen Metallkronen im Vergleich zu ihrem Wachsmodell." Med.Diss.München, 1973

57. Schulze, C.: "Untersuchungen überkronter Zähne unter besonderer Berücksichtigung des marginalen Parodontiums." Zahnärztl.Welt 8, 251 (1953)

58. SCHILLINGBURG, H.T.; HOBO, S.; FISCHER,D.W.: "Atlas der Kronenpräparation." 1. Aufl. Berlin: Die Quintessenz 1974

59. SHOSSHAN, E.D.: "The full veneer cast crown." Dent. Abstracts 1, 276-277 (1956)

60. SMITH, G.P.: "The marginal fit of the Full Cast Shoulderless Crown." J.prosth.Dent. 7, 231-243 (1957)

61. VEST, G.: "Lehrbuch der zahnärztlichen Kronen-und Brückenprothetik." Band I, Basel: Birkhäuser 1951

62. VOSS, R.: "Grundlagen des Behandlungserfolges bei Kronen und Brücken." Zahnärztl.Welt 78, 397-405 (1969)

63. VOSS, R.: "Abformung und Modell-praktische Forderungen und wissenschaftliche Grundlagen." Dtsch.zahnärztl.Z. 27, 96-118 (1972)

64. WEBER, E.: "Grundriß der biologischen Statistik." 7. Auflage, Stuttgart: Fischer (1972)

65. WINDECKER, H. und OHLE, K.: "Einfluß des Herstellungsverfahrens auf den Randschluß von

Metallvollkronen."
Dtsch.zahnärztl.Z. 26, 706-715
(1971)

66. ZÄHRINGER, W.: "Guß- und Angußkronen. Untersuchungen über die Paßgenauigkeit in Abhängigkeit vom Präparationswinkel."
Med.Diss.München, 1963

Danksagung

Dank sagen möchte ich an dieser Stelle allen Personen, durch deren direkte oder indirekte Mithilfe diese Arbeit ermöglicht wurde.

Besonderer Dank gebührt meinem Doktorvater Herrn Professor Dr.E.KÖRBER für die Überlassung des Themas.

Für die Bereitstellung des Edelmetalls danke ich Herrn Dr.E.Wagner und Herrn Dr.Knost von der Firma Degussa, sowie Frl. Stockburger, die mir bei der Besorgung von Materialien behilflich war.
Herrn Schubring und Klemmt vom Institut für Datenverarbeitung der Universität Tübingen sei für die Aufstellung und Durchführung der Rechenprogramme gedankt.

Weiterer Dank gebührt Herrn Dr.Schmierer für die Beratung und Unterstützung bei der Durchführung der Versuche.
Herrn Resch sei für die Herstellung der Photographien gedankt.

Meiner Frau danke ich für ihre Ausdauer beim Niederschreiben dieser Arbeit.

LEBENSLAUF

Am 4. März 1947 wurde ich, Andreas Köcher, als Sohn des Dr.E.Köcher, Stadttierarzt in Nagold und der Eleonore Köcher geb. Altfelix, in Nagold, Kreis Calw geboren.
Nach der Grundschule und dem Gymnasium begann ich 1968 mit einer Zahntechnikerlehre, die ich 1970 mit der Gesellenprüfung vorzeitig beendete.
Von 1970 bis 1971 war ich im Praxislabor des Zahnarztes Dr.Peter Munding in Furtwangen tätig.
Von 1971 bis 1976 studierte ich in Tübingen Zahnheilkunde. Dort legte ich am 7. Dezember 1976 das Staatsexamen ab.
Seit Februar 1977 arbeite ich in der Praxis von Zahnarzt Jürgen Exter in Tübingen.